

42
PCT/JP03/11625

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

11.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 1 1 日
Date of Application:

REC'D 30 OCT 2003

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 6 5 9 3 5
Application Number:

[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 6 5 9 3 5]

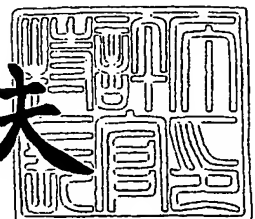
出 願 人 浜 松 ホ ト ニ ク ス 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 0 月 1 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2002-0418

【提出日】 平成14年 9月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03H 1/08

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス
 株式会社内

 【氏名】 竹森 民樹

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス
 株式会社内

 【氏名】 池田 貴裕

【特許出願人】

 【識別番号】 000236436

 【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088155

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

 【識別番号】 100089978

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092657

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 三次元像表示装置および三次元像表示方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の波長の照明光をホログラムに入射させて、このホログラムから複数の波長の再生光を発生させ、これら複数の波長の再生光により三次元像を表示する装置であって、

前記複数の波長それぞれに応じたホログラムを呈示する離散的画素構造を有する空間光変調素子と、

前記複数の波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で前記空間光変調素子に入射させる照明光学系と、

前記空間光変調素子に呈示されたホログラムから発生した前記複数の波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化する再生像変換光学系と、

前記再生像変換光学系の焦点面に設けられた開口部を有するマスクと、
を備え、

前記複数の波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波が前記再生像変換光学系により波面変換されて前記開口部において互いに重なるよう、前記複数の波長の照明光それぞれの前記空間光変調素子への入射方位が前記照明光学系により設定されている、

ことを特徴とする三次元像表示装置。

【請求項 2】 前記照明光学系は、
出力波長が異なる複数の単色光源と、
前記複数の単色光源それぞれに近接して設けられた複数のピンホールと、
前記複数の単色光源それぞれより出力され前記ピンホールを通過した光をコリメートするコリメート光学系と、

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 3】 前記照明光学系は、前記複数の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズを含む、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 4】 前記再生像変換光学系は、前記複数の波長に対して同一の焦

点距離を有する色収差補正レンズを含む、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 5】 前記複数の波長の再生光それぞれの 0 次回折波が前記再生像変換光学系により波面変換されて前記開口部において互いに重なるよう、前記複数の波長の照明光それぞれの前記空間光変調素子への入射方位が前記照明光学系により設定されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 6】 前記複数の波長のうちの何れかの特定波長の照明光が前記空間光変調素子に垂直入射し、前記特定波長の再生光の 0 次回折波と他の波長の再生光の高次回折波とが前記再生像変換光学系により波面変換されて前記開口部において互いに重なるよう、前記複数の波長の照明光それぞれの前記空間光変調素子への入射方位が前記照明光学系により設定されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 7】 前記空間光変調素子の画素ピッチを P とし、前記再生像変換光学系の焦点距離を f とし、前記複数の波長のうち最短波長 λ_1 の再生光の回折波の次数を n_1 とし、他の波長 λ_i の再生光の回折波の次数を n_i としたとき、

波長 λ_i の照明光の前記空間光変調素子への入射角 θ_i が

$$\theta_i = \sin^{-1} \{ (n_1 \lambda_1 - n_i \lambda_i) / P \}$$

なる式で表され、

前記開口部の各辺の長さが $\lambda_1 f / P$ 以下の矩形形状である、

ことを特徴とする請求項 6 記載の三次元像表示装置。

【請求項 8】 前記空間光変調素子は、透過型のものであって、前記照明光が入射する側と反対の側に再生光を出射する、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 9】 前記空間光変調素子は、反射型のものであって、前記照明光が入射する側と同一の側に再生光を出射し、

前記照明光学系と前記再生像変換光学系とは、光部品の一部を共有している、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 10】 前記空間光変調素子は画素毎にマイクロレンズが搭載されたものである、ことを特徴とする請求項 1 記載の三次元像表示装置。

【請求項 1 1】 複数の波長の照明光をホログラムに入射させて、このホログラムから複数の波長の再生光を発生させ、これら複数の波長の再生光により三次元像を表示する方法であって、

前記複数の波長それぞれに応じたホログラムを呈示する離散的画素構造を有する空間光変調素子を用い、

照明光学系により前記複数の波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で前記空間光変調素子に入射させ、

前記空間光変調素子に呈示されたホログラムから発生した前記複数の波長の再生像それぞれを再生像変換光学系により波面変換して虚像化もしくは実像化し、

前記再生像変換光学系の焦点面に開口部を有するマスクを設けて、

前記複数の波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波が前記再生像変換光学系により波面変換されて前記開口部において互いに重なるよう、前記複数の波長の照明光それぞれの前記空間光変調素子への入射方位を前記照明光学系により設定する、

ことを特徴とする三次元像表示方法。

【請求項 1 2】 前記照明光学系は、

出力波長が異なる複数の単色光源と、

前記複数の単色光源それぞれに近接して設けられた複数のピンホールと、

前記複数の単色光源それぞれより出力され前記ピンホールを通過した光をコリメートするコリメート光学系と、

を含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の三次元像表示方法。

【請求項 1 3】 前記照明光学系は、前記複数の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズを含む、ことを特徴とする請求項 1 1 記載の三次元像表示方法。

【請求項 1 4】 前記再生像変換光学系は、前記複数の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズを含む、ことを特徴とする請求項 1 1 記載の三次元像表示方法。

【請求項 1 5】 前記複数の波長の再生光それぞれの 0 次回折波が前記再生像変換光学系により波面変換されて前記開口部において互いに重なるよう、前記

複数の波長の照明光それぞれの前記空間光変調素子への入射方位を前記照明光学系により設定する、ことを特徴とする請求項 11 記載の三次元像表示方法。

【請求項 16】 前記複数の波長のうちの何れかの特定波長の照明光が前記空間光変調素子に垂直入射し、前記特定波長の再生光の 0 次回折波と他の波長の再生光の高次回折波とが前記再生像変換光学系により波面変換されて前記開口部において互いに重なるよう、前記複数の波長の照明光それぞれの前記空間光変調素子への入射方位を前記照明光学系により設定する、ことを特徴とする請求項 11 記載の三次元像表示方法。

【請求項 17】 前記空間光変調素子の画素ピッチを P とし、前記再生像変換光学系の焦点距離を f とし、前記複数の波長のうち最短波長 λ_1 の再生光の回折波の次数を n_1 とし、他の波長 λ_i の再生光の回折波の次数を n_i としたとき、

波長 λ_i の照明光の前記空間光変調素子への入射角 θ_i が

$$\theta_i = \sin^{-1} \{ (n_1 \lambda_1 - n_i \lambda_i) / P \}$$

なる式で表され、

前記開口部の各辺の長さが $\lambda_1 f / P$ 以下の矩形形状である、

ことを特徴とする請求項 16 記載の三次元像表示方法。

【請求項 18】 前記空間光変調素子は、透過型のものであって、前記照明光が入射する側と反対の側に再生光を出射する、ことを特徴とする請求項 11 記載の三次元像表示方法。

【請求項 19】 前記空間光変調素子は、反射型のものであって、前記照明光が入射する側と同一の側に再生光を出射し、

前記照明光学系と前記再生像変換光学系とは、光部品の一部を共有している、

ことを特徴とする請求項 11 記載の三次元像表示方法。

【請求項 20】 前記空間光変調素子は画素毎にマイクロレンズが搭載されたものである、ことを特徴とする請求項 11 記載の三次元像表示方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の波長の照明光をホログラムに入射させて、このホログラムか

ら複数の波長の再生光を発生させ、これら複数の波長の再生光により三次元像を表示する装置および方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

ホログラムを用いた三次元像表示装置は、照明光をホログラムに入射させることで、このホログラムから再生光を発生させ、この再生光により三次元像を表示する。また、三次元像表示装置は、複数の波長（例えば、赤色、緑色および青色の3波長）の照明光をホログラムに入射させることで、三次元像をカラー表示することができる。

【0003】

高分解能で記録が可能な写真乾板を用いる従来技術（以下「従来技術1」と言う。）では、ホログラム記録時には、複数の波長それぞれの参照光および物体光を写真乾板に入射させて、該写真乾板に各波長についてのホログラムを多重記録する。再生時には、記録時と同じ複数の波長の照明光を同一入射方位でホログラムに入射させることで、複数の波長の再生光を発生させる。これにより、これら複数の波長の再生光それぞれの像が同一位置に重ね合わされて、カラーの三次元像が得られる。

【0004】

しかし、この従来技術1では、写真乾板に各波長についてのホログラムが多重記録されていることから、波長 λ_a についてのホログラムに該波長 λ_a の照明光が入射して該波長 λ_a の所望の再生光が発生するだけでなく、波長 λ_a についてのホログラムに他の波長 λ_b （ $\lambda_a \neq \lambda_b$ ）の照明光も入射して、波長 λ_a についてのホログラムから波長 λ_b の再生光も発生する。これらのうち、前者の波長 λ_a の所望の再生光は本来の三次元像のカラー表示の為のものである。これに対して、後者の波長 λ_b の再生光は、本来の三次元像とは異なる位置に異なる倍率で再生されることから、本来の三次元像に対してクロストークとなり、三次元像表示の妨げとなる。そこで、このようなクロストークを回避するために、記録時に、物体光が写真乾板に略垂直に入射する場合に、複数の波長それぞれの参照光の該写真乾板への入射方位を互いに異なるものとし、これにより、再生時にクロストークと

なる再生光が本来の三次元像に重ならないようにしている。

【0005】

下記の非特許文献1に記載された従来技術（以下「従来技術2」と言う。）では、ホログラムを呈示することができる空間光変調素子を3つ使い、第1の空間光変調素子に赤色の光についてのホログラムを呈示し、第2の空間光変調素子に緑色の光についてのホログラムを呈示し、第3の空間光変調素子に青色の光についてのホログラムを呈示する。そして、第1の空間光変調素子に赤色の照明光を入射させ、第2の空間光変調素子に緑色の照明光を入射させ、第3の空間光変調素子に青色の照明光を入射させて、各々の空間光変調素子から発生した再生光を空間的に重ね合わせ、その後段に設けたマスクにより0次透過光を除去して、カラーの三次元像を得る。

【0006】

下記の特許文献1に開示された従来技術（以下「従来技術3」と言う。）では、空間光変調素子の画素構造が離散的であることを積極的に利用している。すなわち、一般の回折格子に平行光を入射させたときに0次回折波だけでなく1次以上の高次回折波も生じるのと同様に、離散的画素構造を有する空間光変調素子から発生する再生光は0次回折波だけでなく高次回折波をも含む。空間光変調素子における隣接2画素において物体光と参照光との合成波面の位相差を π 未満の範囲（折り返し成分が無い範囲）に呈示範囲を限定してホログラムを空間光変調素子に呈示した場合、照明光の入射により空間光変調素子から発生する再生光の高次回折波の波面は0次回折波と同様であるが、空間光変調素子からの出射方位は次数毎に異なる。再生光は、空間光変調素子の後段に設けられたレンズの後焦点面で、回折波の次数毎に $\lambda f / P$ の間隔で分離して波面変換される。ここで、 λ は照明光の波長であり、 f はレンズの焦点距離であり、 P は空間光変調素子の画素ピッチである。したがって、所望の三次元像を得るために、レンズの後焦点面に各辺の長さが $\lambda f / P$ の矩形形状の開口部を有するマスクを設けて、この開口部により再生光の0次回折波を通過させ、その一方で高次回折波をマスクにより遮断する。

【0007】

また、従来技術 3 では、空間光変調素子における隣接 2 画素において物体光と参照光との合成波面の位相差を π 以上 2π 未満の範囲（1 次の折り返し成分を含む範囲）に呈示範囲を限定してホログラムを空間光変調素子に呈示した場合、照明光の入射により空間光変調素子から発生する再生光の高次回折波の波面は 0 次回折波と同様であり、0 次回折波および全ての高次回折波は 1 次の折り返し成分を含む。再生光のうちから所望の 1 次回折波のみを取り出すために、空間光変調素子の後段に設けられたレンズの後焦点面に各辺の長さが $\lambda f / P$ の矩形形状の開口部を有するマスクを設けて、この開口部により再生光の 1 次回折波を通過させ、その一方で 0 次回折波および 2 次以上の高次回折波をマスクにより遮断する。

【0 0 0 8】

すなわち、従来技術 3 では、特定次数の折り返し成分を含む範囲に呈示範囲を限定してホログラムを空間光変調素子に呈示するとともに、その特定次数に対応した位置に開口部を有するマスクを用いて再生光のうちから特定次数の回折波を取り出す。そして、各次数に対応したホログラムの呈示と開口部の選択とを時分割または空間合成することにより、レンズによる結像再生像の出射方位範囲（すなわち視域）を拡大することができる。

【0 0 0 9】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 2 5 0 3 8 7 号公報

【非特許文献 1】

高野邦彦、他、「白色光によるカラーホログラフィ立体テレビの検討」、3D Image Conference 2000 講演論文集、pp.179-182

【0 0 1 0】

【発明が解決しようとする課題】

上記の従来技術 1 ～ 3 それぞれは以下のような問題点を有している。従来技術 1 は、高分解能で記録が可能な写真乾板を用いる場合には好適なものである。しかし、空間分解能が低い空間光変調素子を用いて従来技術 1 の構成とした場合には、再生時にクロストークとなる再生光が本来の三次元像に重ならないようにす

るために空間光変調素子への照明光の入射角を大きくすることができない。また、従来技術 3 の説明の際に述べたように、離散的画素構造を有する空間光変調素子から発生した各次数の回折波の重なりが生じる。このことから、離散的画素構造を有し低分解能である空間光変調素子に従来技術 1 を適用することは困難である。

【0011】

従来技術 2 は、複数の空間光変調素子それぞれから発生した再生光を空間的に重ね合わせるものであるが、その重ね合わせのためにハーフミラーを用いる必要がある。このことから、従来技術 2 では、装置が大型となり、再生光の光量が低下する。また、再生光の光量の低下を補償するために、照明光として高パワーのレーザ光を出力するレーザ光源が必要となり、或いは、波長選択性を有する誘電体ミラーを用いることが必要となっており、装置が高価となる。

【0012】

従来技術 3 は、視域拡大を目的としており、単一波長の照明光を空間光変調素子へ垂直に入射させるものであって、複数波長の照明光を空間光変調素子へ入射させるものではなく、また、照明光を空間光変調素子へ斜め入射させるものでも無い。また、従来技術 3 は、空間合成することに因る装置の大型化の問題点や、時分割するためにレンズの後焦点面に高速シャッターを設ける必要があることから高価であるという問題点を有している。

【0013】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、低解像度の空間光変調素子を用いた場合であっても鮮明に三次元像をカラー表示することができる小型・安価な三次元像表示装置および三次元像表示方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る三次元像表示装置は、複数の波長の照明光をホログラムに入射させて、このホログラムから複数の波長の再生光を発生させ、これら複数の波長の再生光により三次元像を表示する装置であって、複数の波長それぞれに応じたホ

ログラムを呈示する離散的画素構造を有する空間光変調素子と、複数の波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子に入射させる照明光学系と、空間光変調素子に呈示されたホログラムから発生した複数の波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化する再生像変換光学系と、再生像変換光学系の焦点面に設けられた開口部を有するマスクと、を備え、複数の波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波が再生像変換光学系により波面変換されて開口部において互いに重なるよう、複数の波長の照明光それぞれの空間光変調素子への入射方位が照明光学系により設定されている、ことを特徴とする。

【0015】

本発明に係る三次元像表示方法は、複数の波長の照明光をホログラムに入射させて、このホログラムから複数の波長の再生光を発生させ、これら複数の波長の再生光により三次元像を表示する方法であって、複数の波長それぞれに応じたホログラムを呈示する離散的画素構造を有する空間光変調素子を用い、照明光学系により複数の波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子に入射させ、空間光変調素子に呈示されたホログラムから発生した複数の波長の再生像それぞれを再生像変換光学系により波面変換して虚像化もしくは実像化させ、再生像変換光学系の焦点面に開口部を有するマスクを設けて、複数の波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波が再生像変換光学系により波面変換されて開口部において互いに重なるよう、複数の波長の照明光それぞれの空間光変調素子への入射方位を照明光学系により設定する、ことを特徴とする。

【0016】

本発明によれば、離散的画素構造を有する空間光変調素子に、複数の波長それぞれに応じたホログラムが呈示される。この空間光変調素子に対して、照明光学系により複数の波長の照明光それぞれが平行平面波とされ互いに異なる入射方位で入射する。空間光変調素子に呈示されたホログラムから発生した複数の波長の再生像それぞれは、再生像変換光学系により波面変換されて虚像化もしくは実像化される。その焦点面には、開口部を有するマスクを設けられている。そして、

複数の波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波が再生像変換光学系により波面変換されて開口部において互いに重なるよう、複数の波長の照明光それぞれの空間光変調素子への入射方位が照明光学系により設定される。

【0017】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、照明光学系は、出力波長が異なる複数の単色光源と、複数の単色光源それぞれに近接して設けられた複数のピンホールと、複数の単色光源それぞれより出力されピンホールを通過した光をコリメートするコリメート光学系と、を含むのが好適である。

【0018】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、照明光学系は、複数の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズを含むのが好適であり、また、再生像変換光学系は、複数の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズを含むのが好適である。

【0019】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、複数の波長の再生光それぞれの0次回折波が再生像変換光学系により波面変換されて開口部において互いに重なるよう、複数の波長の照明光それぞれの空間光変調素子への入射方位が照明光学系により設定されているのが好適である。

【0020】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、複数の波長のうちの何れかの特定波長の照明光が空間光変調素子に垂直入射し、特定波長の再生光の0次回折波と他の波長の再生光の高次回折波とが再生像変換光学系により波面変換されて開口部において互いに重なるよう、複数の波長の照明光それぞれの空間光変調素子への入射方位が照明光学系により設定されているのが好適である。

【0021】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、空間光変調素子の画素ピッチを P とし、再生像変換光学系の焦点距離を f とし、複数の波長のうち最短波長 λ_1 の再生光の回折波の次数を n_1 とし、他の波長 λ_i の再生光の回折

波の次数を n_i としたとき、波長 λ_i の照明光の空間光変調素子への入射角 θ_i が

$$\theta_i = \sin^{-1} \{ (n_1 \lambda_1 - n_i \lambda_i) / P \}$$

なる式で表され、開口部の各辺の長さが $\lambda_1 f / P$ 以下の矩形形状であるのが好適である。

【0022】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、空間光変調素子は、透過型のものであって、照明光が入射する側と反対の側に再生光を出射するのが好適である。

【0023】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、空間光変調素子は、反射型のものであって、照明光が入射する側と同一の側に再生光を出射し、照明光学系と再生像変換光学系とは、光部品の一部を共有しているのが好適である。

【0024】

本発明に係る三次元像表示装置または三次元像表示方法では、空間光変調素子は画素毎にマイクロレンズが搭載されたものであるのが好適である。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一または同等の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、各図において、説明の便宜の為に、空間光変調素子に垂直な方向を z 軸とする $x y z$ 直交座標系を示す。

【0026】

(第1実施形態)

先ず、本発明に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の第1実施形態について説明する。図1は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の構成図である。この図に示される三次元像表示装置1は、照明光源部10、レンズ20、透過型の空間光変調素子30、レンズ40およびマスク50を備えている。これらのうち、照明光源部10およびレンズ20は、3波長の照明光それぞれを平行

平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる照明光学系を構成している。また、レンズ40は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化する再生像変換光学系を構成している。

【0027】

照明光源部10は、互いに異なる波長（赤、緑、青）の照明光を出力する3つの点光源を有している。これら3つの点光源は、 x 軸に平行な直線上の互いに異なる位置に配置されている。最短波長の青色の照明光を出力する点光源は、照明光学系の光軸上の位置 $B(0, 0)$ にある。赤色の照明光を出力する点光源は位置 $R(x_r, 0)$ にある。緑色の照明光を出力する点光源は位置 $G(x_g, 0)$ にある。各々の点光源は、例えば発光ダイオードやレーザダイオードなどを含み、単色性が優れた照明光を出力する。また、各々の点光源は、時系列に順次にパルス点灯される。

【0028】

レンズ20は、 z 軸に平行な光軸を有しており、照明光源部20の3つの点光源それぞれから出力された各波長の照明光を、コリメートして平行平面波とし、互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる。レンズ20が単一の凸レンズにより構成される場合には、3つの点光源それぞれとレンズ20との間の間隔は、レンズ20の焦点距離に等しい。3つの点光源が上記のように配置されていることから、青色の照明光は空間光変調素子30に垂直入射し、赤色および緑色それぞれの照明光は空間光変調素子30に斜め入射する。レンズ20は、各照明光の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズであるのが好適である。

【0029】

空間光変調素子30は、離散的画素構造を有する透過型のものであり、3波長それぞれに応じたホログラムを時系列に順次に呈示する。このホログラムは、振幅ホログラムであってもよいし、位相ホログラムであってもよい。そして、空間光変調素子30は、レンズ20より各波長の照明光が時系列に順次に入射するのと同期して、各時点の波長に応じたホログラムを順次に呈示し、これにより、各

波長の再生光を時系列に順次に出射する。すなわち、フィールドシーケンシャル方式が用いられる。

【0030】

レンズ40は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化してマスク50の面上を通過させようとする。レンズ40が単一の凸レンズにより構成される場合には、レンズ40とマスク50との間の間隔は、レンズ40の焦点距離に等しい。レンズ40は、各照明光の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズであるのが好適である。

【0031】

マスク50は、レンズ40の焦点面に設けられており、開口部51を有している。この開口部51は、各辺がx軸またはy軸に概略平行な矩形形状を有し、空間光変調素子30から発生する0次の回折波のみを選別する機能と、空間光変調素子30の0次の直接透過光がレンズ40により集光され光源の結像に寄与する光であって再生像の背景光となりコントラストを低下させるためこれを遮断する機能と、さらに空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した0次の回折波の成分で実像もしくは共役像を形成し二重像の問題を生じる不要な光を遮断する機能とを有する。開口部51は、3波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波がレンズ40により波面変換されて互いに重なる領域に設けられている。特に、本実施形態では、開口部51は、3波長の再生光それぞれの0次回折波がレンズ40により波面変換されて互いに重なる領域に設けられている。このようになるように、3波長の照明光それぞれの空間光変調素子30への入射方位が照明光学系により設定されている。

【0032】

図2は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の照明光学系および空間光変調素子30の説明図である。この図に示されるように、照明光源部10に含まれる青色の点光源はレンズ20の光軸上にあり、この青色の点光源より出力された照明光は、レンズ20によりコリメートされて、平行平面波60_bとされ、空間光変調素子30に垂直入射する。赤色の点光源はレンズ20の光軸から離間した

位置にあり、この赤色の点光源より出力された照明光は、レンズ20によりコリメートされて、 z 軸に対して傾斜した方向 61_r に進む平行平面波 60_r とされ、空間光変調素子30に斜め入射する。緑色の点光源は、赤色の点光源と同様である。

【0033】

図3は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の照明光学系の説明図である。この図に示されるように、照明光源部10は、出力波長が互いに異なる3つの単色光源 11_r 、 11_g 、 11_b と、3つのピンホール 12_r 、 12_g 、 12_b とを含む。ピンホール 12_r は、赤色の光を出力する単色光源 11_r に近接して位置R($x_r, 0$)に設けられ、この単色光源 11_r より出力された光をレンズ20へ出力する。ピンホール 12_g は、緑色の光を出力する単色光源 11_g に近接して位置G($x_g, 0$)に設けられ、この単色光源 11_g より出力された光をレンズ20へ出力する。ピンホール 12_b は、青色の光を出力する単色光源 11_b に近接して位置B(0, 0)に設けられ、この単色光源 11_b より出力された光をレンズ20へ出力する。このように構成することにより、単色光源 11_r 、 11_g 、 11_b それぞれが点光源として扱えない場合であっても、ピンホール 12_r 、 12_g 、 12_b それぞれから出力される照明光は、点光源から出射された光として扱うことができ、そして、レンズ20により理想的な平行平面波を得ることができる。

【0034】

次に、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の動作について説明する。空間光変調素子30として振幅および位相の双方を画素毎に変調することができるものを用いた場合には透過光および共役像が発生しないが、空間光変調素子30として振幅および位相の何れか一方のみを画素毎に変調することができるものを用いた場合には透過光および共役像が発生する。以下では、後者の場合について説明する。

【0035】

図4は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1において空間光変調素子30へ青色の照明光が垂直入射したときの三次元像の1輝点の表示動作の説明図である。図5は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1において空間光変調素子3

0へ青色の照明光が垂直入射するときに空間光変調素子30に呈示されるホログラムの説明図である。青色の照明光に対応するホログラム31_bが空間光変調素子30に呈示されているときに、平行平面波60_bとされた青色の照明光が空間光変調素子30に垂直入射する。青色の照明光に対応するホログラム31_bは、空間光変調素子30の半平面 ($y < 0$ の領域) に呈示される。照明光が空間光変調素子30に入射することにより、三次元像の輝点の再生像62_bおよび共役像63_bが光軸上に形成され、また、0次透過光が発生する。輝点の再生像62_bは、レンズ40によりマスク50上の領域52_b ($y < 0$ の領域) に波面変換される。一方、輝点の共役像63_bは、レンズ40によりマスク50上の領域53_b ($y > 0$ の領域) に波面変換される。また、0次透過光は、レンズ40によりマスク50上の位置 (0, 0) に集光される。そして、共役像および0次透過光がマスク50により遮断され、再生像のみが開口部51を通過して観察され得る。

【0036】

図6は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1において空間光変調素子30へ照明光が斜め入射したときの三次元像の1輝点の表示動作の説明図である。このとき、空間光変調素子30に呈示されるホログラムは、図5に示されたものと同様であるとする。この場合、平行平面波60とされた照明光が空間光変調素子30に斜め入射し、三次元像の輝点の再生像62および共役像63が平行平面波60の光軸61上に形成される。これは、図4に示された再生像および共役像の形成位置とは異なる。

【0037】

そこで、本実施形態では、垂直入射時と斜め入射時との間の再生像の不一致を回避するため、斜め入射時に空間光変調素子30に呈示されるホログラムは、以下に説明する2つの方法の何れかにより作成される。

【0038】

第1のホログラム作成方法は、斜め入射時のホログラムを計算するものである。三次元像を構成する1輝点からの物体光は球面波で表される。位置 (x_0, y_0, L_0) にある輝点から発生した物体光 $O_{i,j}$ は、空間光変調素子30上の位置 ($x_i, y_j, 0$) において、

【数 1】

$$O_{i,j} = \frac{1}{r} \exp(jkr) \quad \dots (1a)$$

$$r = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_j - y_0)^2 + L_0^2} \quad \dots (1b)$$

なる式で表される。ここで、 r は位置 (x_0, y_0, L_0) にある輝点から空間光変調素子 30 上の位置 $(x_i, y_j, 0)$ までの距離であり、 k は物体光の波数である。また、入射角 θ の平行平面波である参照光 $R_{i,j}$ は、空間光変調素子 30 上の位置 $(x_i, y_j, 0)$ において、

【数 2】

$$R_{i,j} = \exp(jk(L_0 - (x_i - x_0) \sin \theta)) \quad \dots (2)$$

なる式で表される。

【0039】

ホログラム面上で物体光と参照光とが合成され、

【数 3】

$$O_{i,j} + R_{i,j} = A + jB \quad \dots (3)$$

なる式で表すと、ホログラム面上の位置 $(x_i, y_j, 0)$ において、光の位相 $\phi_{i,j}$ は、

【数 4】

$$\phi_{i,j} = \tan^{-1}(B/A) \quad \dots (4)$$

なる式で表され、光強度は、

【数 5】

$$|O_{i,j} + R_{i,j}|^2 = |O_{i,j}|^2 + |R_{i,j}|^2 + O_{i,j} R_{i,j}^* + O_{i,j}^* R_{i,j} \quad \dots (5)$$

なる式で表される。再生時に空間光変調素子 30 に入射する照明光は参照光 R と同等のものであるので、上記(5)式の右辺の第 3 項より計算機ホログラムが作成される。

【0040】

計算機ホログラムの計算範囲については、ホログラムを表示する空間光変調素子30が離散的画素構造を有していることから、ホログラムの最大空間周波数は空間光変調素子30の画素ピッチにより制限される。このことから、計算範囲は、隣接2画素において物体光と参照光との合成波面の位相差が π 以下である範囲、すなわち、

【数6】

$$|\phi_{i,j} - \phi_{i-1,j}| \leq \pi \quad \cdots (6a)$$

$$|\phi_{i,j} - \phi_{i,j-1}| \leq \pi \quad \cdots (6b)$$

なる式で表される条件を満たす領域より決定される半平面となる。

【0041】

図7および図8それぞれは、第1のホログラム作成方法により作成されたホログラムの説明図である。図7は、点光源が位置(0, y)にあるときの空間光変調素子30におけるホログラム31の呈示範囲を示す。図8は、点光源が位置(x, 0)にあるときの空間光変調素子30におけるホログラム31の呈示範囲を示す。これらの図に示されるように、空間光変調素子30に呈示されるホログラム31は、図5に示されたホログラム31_bをx軸またはy軸に平行に移動したものと類似している。

【0042】

図9は、図7に示されたホログラム31が空間光変調素子30に呈示されたときに空間光変調素子30へ照明光が斜め入射したときの三次元像の1輝点の表示動作の説明図である。この図に示されるように、平行平面波60とされた照明光が空間光変調素子30に斜め入射したときに、三次元像の輝点の再生像62が光軸61上に形成される。これは、図4に示された再生像の形成位置と一致する。

【0043】

第2のホログラム作成方法は、ホログラム呈示範囲を平行移動するものである。上述した第1のホログラム作成方法では、参照光が斜め入射であることから、ホログラムの計算の際に物体光と参照光との積を計算する必要があり、参照光が

垂直入射する場合と比較して計算時間が長い。これに対して、これから説明する第2のホログラム作成方法では、上述したように斜め入射時と垂直入射時とでホログラムが類似していることを利用して、短時間にホログラムを計算することができる。

【0044】

図10は、第2のホログラム作成方法の説明図である。空間光変調素子30に呈示されるホログラムが図5に示されたものと同様であるとする、これにより生じる輝点62'の形成位置は、所望する輝点62の形成位置より、x軸方向に距離Dだけ離れたものとなる。したがって、この距離Dだけホログラムの呈示位置を平行移動すればよい。この平行移動量Dは、

【数7】

$$D = L \cdot \tan \theta \quad \dots (7)$$

なる式で表される。ここで、Lは輝点とホログラム面との間の距離である。また、 θ は、ホログラム面への平行平面波の入射角であり、

【数8】

$$\theta = \frac{\text{光源と光軸との間の距離}}{\text{レンズ20の前焦点距離}} \quad \dots (8)$$

なる式で表される。

【0045】

以上に説明した第1または第2のホログラム作成方法により、斜め入射時と垂直入射時とでズレが無い再生像が得られる。

【0046】

次に、各波長の照明光の入射により空間光変調素子30から発生する再生光について説明する。

【0047】

図11～図15は、比較例として示された理想的な場合について説明するものである。空間光変調素子30が振幅および位相の何れか一方のみを画素毎に変調することができるものとし、図5に示されるように空間光変調素子30の半平面($y < 0$)にホログラムが呈示されるものとして、図11に示されるように3波

長の点光源の全てが位置 (0, 0) に配置されている理想的な場合を想定する。

【0048】

この場合、図 12 に示されるように、空間光変調素子 30 から発生した最長波長の赤色の再生光の 0 次回折波は、レンズ 40 により、レンズ 40 の後焦点面上において、

【数 9】

$$\begin{aligned} R1(-\lambda_r f / 2P_x, 0) \\ R2(-\lambda_r f / 2P_x, -\lambda_r f / 2P_y) \\ R3(+\lambda_r f / 2P_x, -\lambda_r f / 2P_y) \\ R4(+\lambda_r f / 2P_x, 0) \end{aligned} \quad \dots (9)$$

で表される 4 点 R 1 ~ R 4 で囲まれる矩形領域 52_r に波面変換される。ここで、 λ_r は赤色の再生光の波長であり、 f はレンズ 40 の焦点距離であり、 P_x は空間光変調素子 30 の x 軸方向の画素ピッチであり、 P_y は空間光変調素子 30 の y 軸方向の画素ピッチである。なお、赤色の共役像は、レンズ 40 の後焦点面上において、

【数 10】

$$\begin{aligned} R1(-\lambda_r f / 2P_x, 0) \\ R4(+\lambda_r f / 2P_x, 0) \\ R5(+\lambda_r f / 2P_x, +\lambda_r f / 2P_y) \\ R6(-\lambda_r f / 2P_x, +\lambda_r f / 2P_y) \end{aligned} \quad \dots (10)$$

で表される 4 点 R 1 および R 4 ~ R 6 で囲まれる矩形領域に波面変換される。そして、4 点 R 2, R 3, R 5 および R 6 で囲まれる矩形領域を 1 単位として、0 次および高次の再生像および共役像がレンズ 40 の後焦点面上において二次元的に周期的に形成される。

【0049】

同様に、図 13 に示されるように、空間光変調素子 30 から発生した波長 λ_g の緑色の再生光の 0 次回折波は、レンズ 40 により、レンズ 40 の後焦点面上において、

【数 1 1】

$$\begin{aligned}
 G1(-\lambda_g f / 2P_x, 0) \\
 G2(-\lambda_g f / 2P_x, -\lambda_g f / 2P_y) \\
 G3(+\lambda_g f / 2P_x, -\lambda_g f / 2P_y) \\
 G4(+\lambda_g f / 2P_x, 0)
 \end{aligned} \quad \dots (11)$$

で表される 4 点 G 1 ～ G 4 で囲まれる矩形領域 5 2_gに波面変換される。また、図 1 4 に示されるように、空間光変調素子 3 0 から発生した最短波長 λ_b の青色の再生光の 0 次回折波は、レンズ 4 0 により、レンズ 4 0 の後焦点面上において、

【数 1 2】

$$\begin{aligned}
 B1(-\lambda_b f / 2P_x, 0) \\
 B2(-\lambda_b f / 2P_x, -\lambda_b f / 2P_y) \\
 B3(+\lambda_b f / 2P_x, -\lambda_b f / 2P_y) \\
 B4(+\lambda_b f / 2P_x, 0)
 \end{aligned} \quad \dots (12)$$

で表される 4 点 B 1 ～ B 4 で囲まれる矩形領域 5 2_bに波面変換される。

【0 0 5 0】

そして、図 1 5 に示されるように、レンズ 4 0 の後焦点面上における波面変換領域 5 2_r、5 2_gおよび 5 2_bを重ねて表すと、赤色の波面変換領域 5 2_rの中に緑色の波面変換領域 5 2_gが含まれ、緑色の波面変換領域 5 2_gの中に青色の波面変換領域 5 2_bが含まれる。したがって、マスク 5 0 の開口部 5 1 を青色の波面変換領域 5 2_bと同等のものとするにより、この開口部 5 2 を通過した各色の再生光を観察することで、フルカラーの三次元像を観察することができる。

【0 0 5 1】

しかし、図 1 1 に示されるような 3 つの点光源が共通の位置に配置される理想的な場合は実際には有り得ない。そこで、本実施形態では、3 つの点光源を互いに異なる位置に配置して、そのうちの 1 波長の照明光を空間光変調素子 3 0 に垂直入射させ、他の 2 つの波長の照明光を空間光変調素子 3 0 に斜め入射させる。

【0 0 5 2】

図 1 6 ～ 図 1 9 は、第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 および三次元像表

示方法について説明するものである。図16は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の照明光源部10における3つの点光源それぞれの配置を示す図である。図17は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1のマスク50配置位置における赤色の再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。図18は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1のマスク50配置位置における緑色の再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。第1実施形態に係る三次元像表示装置1のマスク50配置位置における青色の再生光の0次回折波の波面変換領域は、図14に示されたものと同様である。図19は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1のマスク50配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。

【0053】

第1実施形態では、図16に示されるように、赤色の点光源が位置R (x_r , 0) に配置され、緑色の点光源が位置G (x_g , 0) に配置され、青色の点光源が位置B (0, 0) に配置される。ここで、 x_r および x_g それぞれは、

【数13】

$$\begin{aligned} x_r &= +\{(\lambda_g f / 2P) - (\lambda_b f / 2P)\} / M \\ x_g &= -\{(\lambda_g f / 2P) - (\lambda_b f / 2P)\} / M \quad \dots (13) \\ M &= -f_2 / f_1 \end{aligned}$$

なる式で表される。ここで、 f_1 はレンズ20の焦点距離であり、 f_2 はレンズ40の焦点距離である。Mは光学系の倍率である。

【0054】

この場合、図17に示されるように、空間光変調素子30から発生した赤色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置R' ($\lambda_g f / 2P - \lambda_b f / 2P$, 0) を基準とした矩形領域52_rに波面変換される。また、図18に示されるように、空間光変調素子30から発生した緑色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置G' ($-\lambda_g f / 2P + \lambda_b f / 2P$, 0) を基準とした矩形領域52_gに波面変換される。また、図14に示されるように、空間光変調素子30から発生した青色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上

において、位置B' (0, 0) を基準とした矩形領域52_bに波面変換される。

【0055】

そして、図19に示されるように、レンズ40の後焦点面上における波面変換領域52_r、52_gおよび52_bを重ねて表すと、赤色の波面変換領域52_rの中に緑色の波面変換領域52_gが含まれ、緑色の波面変換領域52_gの中に青色の波面変換領域52_bが含まれる。したがって、マスク50の開口部51を青色の波面変換領域52_bと同等のものとするることにより、この開口部52を通過した各色の再生光を観察することで、フルカラーの三次元像を観察することができる。

【0056】

次に、第1実施形態の具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてソニー社製のデータプロジェクション用液晶パネルLCX023AL（画素ピッチP=26μm）を用いた。レンズ20として色収差補正された焦点距離600mmのものを用い、レンズ40として色収差補正された焦点距離150mmのものを用いた。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C（波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H)）を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02（波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02（波長470nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。

【0057】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置(-0.69mm, 0)に配置し、緑色光を出力する単色光源11_gを位置(+0.69mm, 0)に配置した。ピンホール12_r、12_g、12_bそれぞれの開口径を150μmとした。空間光変調素子30への赤色の照明光の入射角を+0.07°とし、空間光変調素子30への緑色の照明光の入射角を-0.07°とした。マスク50の開口部51の寸法を2.7mm(W)×1.3mm(H)とした。そして、空間光変調素子30の駆動周波数を70Hzとし、各色に対応したホログラムを空間光変調素子30に順次に呈示させるとともに、これと同期して3つの単色光源11_r、11_g、11_b

bを順次に発光させることにより、マスク50の開口部51を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0058】

次に、第1実施形態に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の変形例Aについて説明する。これまでの説明では3つの点光源がx軸方向に配列されていたが、この変形例Aでは3つの点光源がy軸方向に配列されている。図20～図23は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1および三次元像表示方法の変形例Aについて説明するものである。図20は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Aの照明光源部10における3つの点光源それぞれの配置を示す図である。図21は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Aのマスク50配置位置における赤色の再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。図22は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Aのマスク50配置位置における緑色の再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Aのマスク50配置位置における青色の再生光の0次回折波の波面変換領域は、図14に示されたものと同様である。図23は、第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Aのマスク50配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。

【0059】

この変形例Aでは、図20に示されるように、赤色の点光源が位置R(0, y_r)に配置され、緑色の点光源が位置G(0, y_g)に配置され、青色の点光源が位置B(0, 0)に配置される。ここで、 y_r および y_g それぞれは、

【数14】

$$\begin{aligned} y_r &= \{(\lambda_r f / 2P) - (\lambda_b f / 2P)\} / M \\ y_g &= \{(\lambda_g f / 2P) - (\lambda_b f / 2P)\} / M \end{aligned} \quad \dots (14)$$

なる式で表される。

【0060】

この場合、図21に示されるように、空間光変調素子30から発生した赤色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、

位置 R' ($0, \lambda_r f / 2P - \lambda_b f / 2P, 0$) を基準とした矩形領域 52_r に波面変換される。また、図22に示されるように、空間光変調素子30から発生した緑色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置 G' ($0, \lambda_g f / 2P - \lambda_b f / 2P, 0$) を基準とした矩形領域 52_g に波面変換される。また、図14に示されるように、空間光変調素子30から発生した青色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置 B' ($0, 0$) を基準とした矩形領域 52_b に波面変換される。

【0061】

そして、図23に示されるように、レンズ40の後焦点面上における波面変換領域 52_r 、 52_g および 52_b を重ねて表すと、赤色の波面変換領域 52_r の中に緑色の波面変換領域 52_g が含まれ、緑色の波面変換領域 52_g の中に青色の波面変換領域 52_b が含まれる。したがって、マスク50の開口部51を青色の波面変換領域 52_b と同等のものとするることにより、この開口部52を通過した各色の再生光を観察することで、フルカラーの三次元像を観察することができる。

【0062】

次に、第1実施形態の変形例Aの具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてソニー社製のデータプロジェクション用液晶パネルLCX023AL (画素ピッチ $P = 26 \mu\text{m}$) を用いた。レンズ20として色収差補正された焦点距離600mmのものを用い、レンズ40として色収差補正された焦点距離150mmのものを用いた。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C (波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H)) を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02 (波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)) を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02 (波長470nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)) を用いた。

【0063】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置 ($0, -2.08\text{mm}$) に配置

し、緑色光を出力する単色光源 11_g を位置 $(0, -0.69\text{ mm})$ に配置した。ピンホール 12_r , 12_g , 12_b それぞれの開口径を $150\text{ }\mu\text{m}$ とした。空間光変調素子 30 への赤色の照明光の入射角を -0.20° とし、空間光変調素子 30 への緑色の照明光の入射角を -0.07° とした。マスク 50 の開口部 51 の寸法を $2.7\text{ mm (W)} \times 1.3\text{ mm (H)}$ とした。そして、空間光変調素子 30 の駆動周波数を 70 Hz とし、各色に対応したホログラムを空間光変調素子 30 に順次に呈示させるとともに、これと同期して 3 つの単色光源 11_r , 11_g , 11_b を順次に発光させることにより、マスク 50 の開口部 51 を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0064】

次に、第 1 実施形態に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の変形例 B について説明する。前述の変形例 A では 3 つの点光源が半平面 ($y \leq 0$) で y 軸方向に配列されていたが、この変形例 B では、赤色の点光源が一方の半平面 ($y \leq 0$) に配置されており、緑色の点光源が他方の半平面 ($y \geq 0$) に配置されている。図 24 ~ 図 26 は、第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 および三次元像表示方法の変形例 B について説明するものである。図 24 は、第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 B の照明光源部 10 における 3 つの点光源それぞれの配置を示す図である。図 25 は、第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 B のマスク 50 配置位置における緑色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 B のマスク 50 配置位置における赤色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域は、図 21 に示されたものと同様である。第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 B のマスク 50 配置位置における青色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域は、図 14 に示されたものと同様である。図 26 は、第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 B のマスク 50 配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【0065】

この変形例 B では、図 24 に示されるように、赤色の点光源が位置 R $(0, y_r)$ に配置され、緑色の点光源が位置 G $(0, y_g)$ に配置され、青色の点光源が

位置B (0, 0) に配置される。ここで、 y_r および y_g それぞれは、

【数15】

$$\begin{aligned} y_r &= \{(\lambda_r f / 2P) - (\lambda_b f / 2P)\} / M \\ y_g &= -(\lambda_b f / 2P) / M \end{aligned} \quad \dots (15)$$

なる式で表される。

【0066】

この場合、図21に示されるように、空間光変調素子30から発生した赤色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置R' (0, $\lambda_r f / 2P - \lambda_b f / 2P$, 0) を基準として下の矩形領域52_rに波面変換される。また、図25に示されるように、空間光変調素子30から発生した緑色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置G' (0, $-\lambda_b f / 2P$, 0) を基準として上の矩形領域52_gに波面変換される。また、図14に示されるように、空間光変調素子30から発生した青色の再生光の0次回折波は、レンズ40により、レンズ40の後焦点面上において、位置B' (0, 0) を基準として下の矩形領域52_bに波面変換される。

【0067】

そして、図26に示されるように、レンズ40の後焦点面上における波面変換領域52_r、52_gおよび52_bを重ねて表すと、赤色の波面変換領域52_rの中に緑色の波面変換領域52_gが含まれ、緑色の波面変換領域52_gの中に青色の波面変換領域52_bが含まれる。したがって、マスク50の開口部51を青色の波面変換領域52_bと同等のものとするにより、この開口部52を通過した各色の再生光を観察することで、フルカラーの三次元像を観察することができる。

【0068】

次に、第1実施形態の変形例Bの具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてソニー社製のデータプロジェクション用液晶パネルLCX023AL (画素ピッチP=26μm) を用いた。レンズ20として色収差補正された焦点距離200mmのものを扱い、レンズ40として色収差補正された焦点距離150mmのものを扱った。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン

電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C（波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H)）を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02（波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02（波長470nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。

【0069】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置（0，－0.69mm）に配置し、緑色光を出力する単色光源11_gを位置（0，＋1.36mm）に配置した。ピンホール12_r，12_g，12_bそれぞれの開口径を150μmとした。空間光変調素子30への赤色の照明光の入射角を－0.20°とし、空間光変調素子30への緑色の照明光の入射角を＋0.39°とした。マスク50の開口部51の寸法を2.7mm(W)×1.3mm(H)とした。そして、空間光変調素子30の駆動周波数を70Hzとし、各色に対応したホログラムを空間光変調素子30に順次に呈示させるとともに、これと同期して3つの単色光源11_r，11_g，11_bを順次に発光させることにより、マスク50の開口部51を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0070】

以上のように、第1実施形態に係る三次元像表示装置1および三次元像表示方法は、変形例Aおよび変形例Bをも含めて、空間光変調素子30への3波長の照明光それぞれの入射方位が適切に設定されていて、空間光変調素子30から発生した3波長の再生光それぞれの0次回折波がレンズ40により波面変換されて開口部51において互いに重なるので、低解像度の空間光変調素子30を用いた場合であっても鮮明に三次元像をカラー表示することができる。また、従来技術2の如く3波長の再生光を重ねあわせるためのハーフミラーを設ける必要がなく、従来技術3の如く高速シャッタを設ける必要もないので、三次元像表示装置1は小型・安価である。

【0071】

（第2実施形態）

次に、本発明に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の第2実施形態について説明する。図27は、第2実施形態に係る三次元像表示装置2の構成図である。この図に示される三次元像表示装置2は、照明光源部10、レンズ20、ハーフミラー25、反射型の空間光変調素子30、レンズ40およびマスク50を備えている。これらのうち、照明光源部10、レンズ20およびハーフミラー25は、3波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる照明光学系を構成している。また、ハーフミラー25およびレンズ40は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生光それぞれを波面変換する再生像変換光学系を構成している。照明光学系と再生像変換光学系とはハーフミラー25を共有している。

【0072】

第1実施形態の場合と比較すると、第2実施形態に係る三次元像表示装置2および三次元像表示方法は、照明光源部10、レンズ20、レンズ40およびマスク50それぞれが同様のものであるが、空間光変調素子30が反射型のものであることに因り相互の配置が相違する。また、第1実施形態の場合と比較すると、第2実施形態に係る三次元像表示装置2の動作および三次元像表示方法は、照明光がレンズ20により平行平面波とされた後にハーフミラー25を透過して空間光変調素子30へ入射する点、空間光変調素子30へ照明光が入射する側と同一の側に再生光が出射する点、および、その再生光がハーフミラー25により反射された後にレンズ40により波面変換される点、で相違する。その他の点では、第2実施形態に係る三次元像表示装置2の動作および三次元像表示方法は、第1実施形態（変形例A、Bをも含む）と原理的に同様である。

【0073】

次に、第2実施形態の具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてMicro Display社製のマイクロモニタ用反射型液晶パネルMD800G6（画素ピッチ $P=12.55\mu\text{m}$ ）を用いた。レンズ20として色収差補正された焦点距離300mmのものをを用い、レンズ40として色収差補正された焦点距離60mmのものをを用いた。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C（波長650nm、寸法1.0(L)×0.

5(W)×0.6(H))を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02(波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H))を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02(波長470nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H))を用いた。

【0074】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置(-0.72mm, 0)に配置し、緑色光を出力する単色光源11_gを位置(+0.72mm, 0)に配置した。ピンホール12_r, 12_g, 12_bそれぞれの開口径を150μmとした。空間光変調素子30への赤色の照明光の入射角を-0.14°とし、空間光変調素子30への緑色の照明光の入射角を+0.14°とした。マスク50の開口部51の寸法を2.2mm(W)×1.1mm(H)とした。そして、空間光変調素子30の駆動周波数を90Hzとし、各色に対応したホログラムを空間光変調素子30に順次に呈示させるとともに、これと同期して3つの単色光源11_r, 11_g, 11_bを順次に発光させることにより、マスク50の開口部51を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0075】

(第3実施形態)

次に、本発明に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の第3実施形態について説明する。図28は、第3実施形態に係る三次元像表示装置3の構成図である。この図に示される三次元像表示装置3は、照明光源部10、ハーフミラー25、レンズ20、反射型の空間光変調素子30およびマスク50を備えている。これらのうち、照明光源部10、ハーフミラー25およびレンズ20は、3波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる照明光学系を構成している。また、レンズ20およびハーフミラー25は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生光それぞれを波面変換する再生像変換光学系を構成している。照明光学系と再生像変換光学系とは、レンズ20およびハーフミラー25を共有している。

【0076】

第2実施形態の場合と比較すると、第3実施形態に係る三次元像表示装置3および三次元像表示方法は、照明光源部10、空間光変調素子30およびマスク50それぞれが同様のものであるが、空間光変調素子30が反射型のものであることに因り相互の配置が相違する。また、第2実施形態の場合と比較すると、第3実施形態に係る三次元像表示装置3の動作および三次元像表示方法は、レンズ20がレンズ40の作用をも兼ねている点、照明光がハーフミラー25を透過した後、レンズ20により平行平面波とされて空間光変調素子30へ入射する点、空間光変調素子30へ照明光が入射する側と同一の側に再生光が出射する点、および、その再生光がレンズ20を経た後にハーフミラー25により反射されて波面変換される点、で相違する。その他の点では、第3実施形態に係る三次元像表示装置2の動作および三次元像表示方法は、第2実施形態と原理的に殆ど同様である。

【0077】

第3実施形態では、レンズ20がレンズ40の作用をも兼ねていることから、照明光学系および再生像変換光学系それぞれの焦点距離が互いに等しい。それ故、3つの点光源が位置 $R(x_r, 0)$ 、 $G(x_g, 0)$ 、 $B(0, 0)$ に配置されている場合、マスク50面における各色の波面変換領域の基準点は位置 $R(-x_r, 0)$ 、 $G(-x_g, 0)$ 、 $B(0, 0)$ となる。そして、図29に示されるように、マスク50面上における各色の波面変換領域 52_r 、 52_g 、 52_b の全てが重なる領域（すなわち、マスク50の開口部51の領域）は、第1実施形態または第2実施形態の場合より狭くなることがある。

【0078】

次に、第3実施形態の具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてMicro Display社製のマイクロモニタ用反射型液晶パネルMD800G6（画素ピッチ $P=12.55\mu\text{m}$ ）を用いた。レンズ40の作用を兼ねるレンズ20として色収差補正された焦点距離60mmのものを用いた。赤色光を出力する単色光源 11_r としてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C（波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H)）を用いた。緑色光を出力する単色光源 11_g として豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-0

2 (波長 530 nm、寸法 1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)) を用いた。青色光を出力する単色光源 11_b として豊田合成社製の発光ダイオード E1S07-AB1A7-02 (波長 470 nm、寸法 1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)) を用いた。

【0079】

また、赤色光を出力する単色光源 11_r を位置 (−0.65 mm, 0) に配置し、緑色光を出力する単色光源 11_g を位置 (+0.65 mm, 0) に配置した。ピンホール 12_r, 12_g, 12_b それぞれの開口径を 150 μm とした。空間光変調素子 30 への赤色の照明光の入射角を −0.62° とし、空間光変調素子 30 への緑色の照明光の入射角を +0.62° とした。マスク 50 の開口部 51 の寸法を 1.5 mm(W)×1.1 mm(H) とした。そして、空間光変調素子 30 の駆動周波数を 90 Hz とし、各色に対応したホログラムを空間光変調素子 30 に順次に呈示させるとともに、これと同期して 3 つの単色光源 11_r, 11_g, 11_b を順次に発光させることにより、マスク 50 の開口部 51 を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0080】

(第 4 実施形態)

次に、本発明に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の第 4 実施形態について説明する。図 30 は、第 4 実施形態に係る三次元像表示装置 4 の構成図である。この図に示される三次元像表示装置 4 は、照明光源部 10、レンズ 20、透過型の空間光変調素子 30、レンズ 40 およびマスク 50 を備えている。これらのうち、照明光源部 10 およびレンズ 20 は、3 波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子 30 に入射させる照明光学系を構成している。また、レンズ 40 は、空間光変調素子 30 に呈示されたホログラムから発生した 3 波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化する再生像変換光学系を構成している。

【0081】

照明光源部 10 は、互いに異なる波長 (赤、緑、青) の照明光を出力する 3 つの点光源を有している。これら 3 つの点光源は、x 軸に平行な直線上の互いに異なる位置に配置されている。最短波長の青色の照明光を出力する点光源は、照明

光学系の光軸上の位置B (0, 0)にある。赤色の照明光を出力する点光源は位置R (x_r , 0)またはR (0, y_r)にある。緑色の照明光を出力する点光源は位置G (x_g , 0)にある。各々の点光源は、例えば発光ダイオードやレーザーダイオードなどを含み、単色性が優れた照明光を出力する。また、各々の点光源は、時系列に順次にパルス点灯される。この照明光源部10の構成は、図3に示されたものであるのが好適である。

【0082】

レンズ20は、z軸に平行な光軸を有しており、照明光源部20の3つの点光源それぞれから出力された各波長の照明光を、コリメートして平行平面波とし、互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる。レンズ20が単一の凸レンズにより構成される場合には、3つの点光源それぞれとレンズ20との間の間隔は、レンズ20の焦点距離に等しい。3つの点光源が上記のように配置されていることから、青色の照明光は空間光変調素子30に垂直入射し、赤色および緑色それぞれの照明光は空間光変調素子30に斜め入射する。レンズ20は、各照明光の波長に対して同一の焦点距離を有する色収差補正レンズであるのが好適である。

【0083】

空間光変調素子30は、離散的画素構造を有する透過型のものであり、3波長それぞれに応じたホログラムを時系列に順次に呈示する。このホログラムは、振幅ホログラムであってもよいし、位相ホログラムであってもよい。そして、空間光変調素子30は、レンズ20より各波長の照明光が時系列に順次に入射するのと同期して、各時点の波長に応じたホログラムを順次に呈示し、これにより、各波長の再生光を時系列に順次に出射する。すなわち、フィールドシーケンシャル方式が用いられる。

【0084】

レンズ40は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生光それぞれをマスク50の面上に波面変換する。レンズ40が単一の凸レンズにより構成される場合には、レンズ40とマスク50との間の間隔は、レンズ40の焦点距離に等しい。レンズ40は、各照明光の波長に対して同一の焦

点距離を有する色収差補正レンズであるのが好適である。

【0085】

マスク50は、レンズ40の焦点面に設けられており、開口部51を有している。この開口部51は、各辺がx軸またはy軸に概略平行な矩形形状を有し、空間光変調素子30から発生する特定の次数の回折波のみを選別する機能と、空間光変調素子30の第n次の直接透過光がレンズ40により集光され光源の結像に寄与する光であって再生像の背景光となりコントラストを低下させるためこれを遮断する機能と、さらに空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した第n次の回折波の成分で実像もしくは共役像を形成し二重像の問題を生じる不要な光を遮断する機能とを有する。開口部51は、3波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波がレンズ40により波面変換されて互いに重なる領域に設けられている。特に、本実施形態では、開口部51は、最短波長の青色の再生光の0次回折波と他の2波長の再生光の高次回折波とがレンズ40により波面変換されて互いに重なる領域に設けられている。このようになるように、3波長の照明光それぞれの空間光変調素子30への入射方位が照明光学系により設定されている。

【0086】

照明光源部10の位置B(0, 0)にある青色の点光源から出力された照明光のうち空間光変調素子30を透過した0次透過光は、レンズ40によりマスク50面上の位置B'(0, 0)に集光される。照明光源部10の位置R(x_r , 0)またはR(0, y_r)にある赤色の点光源から出力された照明光のうち空間光変調素子30を透過した0次透過光は、レンズ40によりマスク50面上の位置R'(x_r' , 0)またはR'(0, y_r')に集光される。照明光源部10の位置G(x_g , 0)にある青色の点光源から出力された照明光のうち空間光変調素子30を透過した0次透過光は、レンズ40によりマスク50面上の位置G'(x_g' , 0)に集光される。

【0087】

しかし、空間光変調素子30が離散的画素構造を有していることから、図31または図32に示されるように、マスク50面上において、青色の点光源の結像

は、位置 G_1 に 0 次回折波の波面変換が得られるだけでなく、この位置 G_1 に対して x 軸または y 軸の方向に関して距離 $(\lambda_b f / P)$ だけ離れた 8 つの位置 G_2 それぞれに 1 次回折波の波面変換が得られ、さらに x 軸または y 軸の方向に関して距離 $(\lambda_b f / P)$ ずつだけ離れた位置に更に高次の回折波の波面変換が得られる。赤色および緑色それぞれの点光源の結像についても同様である。このことについて、図 33 を用いて詳細に説明する。

【0088】

図 33 は、第 4 実施形態に係る三次元像表示装置 4 の空間光変調素子 30 および再生像変換光学系の説明図である。空間光変調素子 30 の画素ピッチを P とし、空間光変調素子 30 に垂直入射する青色の照明光の波長を λ_b とし、空間光変調素子 30 から出射する青色の回折波の次数を n_b とし、空間光変調素子 30 からの青色の n_b 次の回折波の出射角を θ_o とする。

【0089】

このとき、これらのパラメータの間に

【数 16】

$$P \sin \theta_o = n_b \lambda_b \quad \dots (16)$$

なる関係式が成り立つ。この式より、空間光変調素子 30 からの青色の n_b 次の回折波の出射角 θ_o は

【数 17】

$$\theta_o = \sin^{-1}(n_b \lambda_b / P) \quad \dots (17)$$

なる式で表される。

【0090】

空間光変調素子 30 からの青色の n_b 次の回折波は、レンズ 40 の後焦点面（マスク 50 面）上において、光軸から距離 A_n だけ離れた位置に集光される。この距離 A_n は

【数 18】

$$\begin{aligned}
 A_n &= f_2 \tan \theta_o \\
 &= f_2 \tan \{ \sin^{-1}(n_b \lambda_b / P) \} \\
 &= f_2 \sin \{ \sin^{-1}(n_b \lambda_b / P) \} / \cos \{ \sin^{-1}(n_b \lambda_b / P) \} \\
 &= (f_2 n_b \lambda_b / P) / \cos \{ \sin^{-1}(n_b \lambda_b / P) \}
 \end{aligned} \quad \dots (18)$$

なる式で表される。次数 n_b が小さいときには、この(18)式は

【数 19】

$$A_n = f_2 n_b \lambda_b / P \quad \dots (19)$$

なる式で近似され得る。

【0091】

これら(18)式または(19)式から判るように、レンズ40の後焦点面（マスク50面）上において、0次および高次の回折波それぞれの集光点は略等間隔で出現し、その各次数の回折波の集光点の出現間隔は波長により相違する。また、照明光源部10において各波長の点光源が同一位置に存在する場合には、レンズ40の後焦点面（マスク50面）上において、各波長の再生光の0次回折波の集光点は同一位置に出現するが、各波長の再生光の高次回折波の集光点は異なる位置に出現する。

【0092】

三次元再生像を構成する回折波を取り出すためには、上記(18)式または(19)式で表される位置を基準とする開口部51を有するマスク50を用いて、再生光の何れかの次数の回折波のみを開口部51を通過させる。空間光変調素子30が振幅および位相の双方を変調することができる場合には、上記(18)式または(19)式で表される位置を中心として、一辺の長さが $f_2 \lambda_b / P$ である矩形形状の開口部51を配置することで、三次元再生像を構成する回折波を取り出すことができる。空間光変調素子30が振幅および位相のうち何れか一方のみを変調することができる場合には、上記(18)式または(19)式で表される位置を基準とする半平面（空間光変調素子30上のホログラム呈示領域に対応する領域）に、一方の辺の長さが $f_2 \lambda_b / P$ であって他方の辺の長さが $f_2 \lambda_b / 2P$ である矩形形状の開口部51を配置することで、三次元再生像を構成する回折波を取り出すことができる。

【0093】

本実施形態では、マスク50の開口部51は、その領域が波長毎に時分割で制御されるのではなく、波長によらず一定とされる。そこで、3波長(λ_r , λ_g , λ_b)のうち最短波長である λ_b に適合した位置と形状とを有するマスク51を配置する。また、他の2波長(λ_r , λ_g)については、再生光の何れかの次数の回折波が開口部51を通過するように、空間光変調素子30への照明光の入射方位が設定される。また、空間光変調素子30が振幅および位相のうち何れか一方のみを変調することができる場合には、各波長の再生光のうち三次元像構成に用いられる次数の再生波の集光点を一致させて、これらの集光点をマスク50により遮断する。なお、レンズ20, 40は、色収差が十分に補正されていて3波長(λ_r , λ_g , λ_b)それぞれで焦点距離が互いに等しいものが用いられるのが好適である。

【0094】

空間光変調素子30に対して青色の照明光は垂直入射するが、他の赤色および緑色の照明光それぞれは斜め入射する。青色の照明光が垂直入射したときの0次回折波の集光点と、他の色の照明光が斜め入射したときの特定次数の高次回折波の集光点とは、レンズ40の後焦点面上で一致しなければならない。以下では、そのような条件をみたす照明光の入射角について図34を用いて説明する。

【0095】

図34は、第4実施形態に係る三次元像表示装置4の空間光変調素子30における照明光入射角と再生光出射角との関係の説明図である。最短波長 λ_b 以外の他の何れかの波長 λ_i (= λ_r または λ_g)の平行平面波が入射角 θ_i で空間光変調素子30に入射して、波長 λ_i の再生光のうち次数 n_i の回折波が回折角 θ_o (青色の回折波と同じ)で空間光変調素子30より出射するものとする。また、空間光変調素子30の画素ピッチをPとする。

【0096】

このとき、これらのパラメータの間に

【数 2 0】

$$P \sin \theta_o - P \sin \theta_i = n_i \lambda_i \quad \dots (20)$$

なる関係式が成り立つ。これを入射角 θ_i についての式に書き直すと、

【数 2 1】

$$\theta_i = \sin^{-1} \{ (P \sin \theta_o - n_i \lambda_i) / P \} \quad \dots (21)$$

なる式で表される。この式は、(17)式を代入することで、

【数 2 2】

$$\theta_i = \sin^{-1} \{ (n_b \lambda_b - n_i \lambda_i) / P \} \quad \dots (22)$$

なる式で表される。

【0097】

波長 λ_b の青色の照明光が空間光変調素子 30 に垂直入射するとともに、上記(22)式で表される入射角 θ_i で波長 λ_i ($= \lambda_r$ または λ_g) の照明光が空間光変調素子 30 に斜め入射すると、各波長の再生光の何れかの次数の回折波は、同一の回折角 θ_o で空間光変調素子 30 から出射され、同一の点にレンズ 40 により集光される。

【0098】

また、上記(20)式より、入射角 θ_i と出射角 θ_o とが互いに等しくなるのは、回折次数 n_i が 0 次であるときであり、その 0 次回折波は、レンズ 40 の後焦点面上で、

【数 2 3】

$$\begin{aligned} A_{ni} &= f_2 \tan \theta_i \\ &= f_2 \tan [\sin^{-1} \{ (n_b \lambda_b - n_i \lambda_i) / P \}] \\ &= f_2 \tan [\sin^{-1} \{ n_b \lambda_b / P \}] \\ &= f_2 (n_b \lambda_b / P) / \cos^{-1} \{ \sin(n_b \lambda_b / P) \} \end{aligned} \quad \dots (23)$$

なる式で表される距離 A_{ni} だけ光軸から離れた位置に集光される。

【0099】

距離 A_{ni} に関する第 1 の例として、青色の波長 λ_b の回折波の次数 n_b が 0 であって、他の波長 λ_i の回折波の次数 n_i が -1 であるとする。このとき、波長 λ_i の照明光の入射角 θ_i は

【数 2 4】

$$\theta_i = \sin^{-1}(\lambda_i / P) \quad \dots (24)$$

なる式で表される。また、波長 λ_i の 0 次回折波は、レンズ 4 0 の後焦点面上で

【数 2 5】

$$\begin{aligned} A_{-1} &= f_2 \tan \theta_i \\ &= f_2 \tan[\sin^{-1}(\lambda_i / P)] \quad \dots (25) \\ &\cong f_2 \lambda_i / P \end{aligned}$$

なる式で表される距離 A_{-1} だけ光軸から離れた位置に集光される。

【0 1 0 0】

また、距離 A_{ni} に関する第 2 の例として、青色の波長 λ_b の回折波の次数 n_b が 0 であって、他の波長 λ_i の回折波の次数 n_i が +1 であるとする。このとき、波長 λ_i の照明光の入射角 θ_i は

【数 2 6】

$$\theta_i = \sin^{-1}(-\lambda_i / P) \quad \dots (26)$$

なる式で表される。また、波長 λ_i の 0 次回折波は、レンズ 4 0 の後焦点面上で

【数 2 7】

$$\begin{aligned} A_{-1} &= f_2 \tan \theta_i \\ &= f_2 \tan[\sin^{-1}(-\lambda_i / P)] \quad \dots (27) \\ &\cong -f_2 \lambda_i / P \end{aligned}$$

なる式で表される距離 A_{+1} だけ光軸から離れた位置に集光される。

【0 1 0 1】

波長 λ_i の照明光を平行平面波として空間光変調素子 3 0 へ入射角 θ_i で入射させるには、焦点距離 f_1 のレンズ 2 0 の前焦点面において、

【数 2 8】

$$\begin{aligned} B_{ni} &= -f_1 \tan \theta_i \\ &= -f_1 \tan[\sin^{-1}\{(n_b \lambda_b - n_i \lambda_i) / P\}] \quad \dots (28) \end{aligned}$$

なる式で表される距離 B_{ni} だけ光軸から離れた位置に点光源を配置すればよい。

【0 1 0 2】

距離 B_{ni} に関する第 1 の例として、青色の波長 λ_b の回折波の次数 n_b が 0 であって、他の波長 λ_i の回折波の次数 n_i が -1 であるとする。このとき、波長 λ_i の点光源は、レンズ 2 0 の前焦点面上で、

【数 2 9】

$$\begin{aligned} B_{-1} &= -f_1 \tan \theta_i \\ &= -f_1 \tan [\sin^{-1}(\lambda_i / P)] \\ &\cong -f_1 \lambda_i / P \\ &= A_{-1} / M \end{aligned} \quad \dots (29)$$

なる式で表される距離 B_{-1} だけ光軸から離れた位置に配置される。ここで、 M は、(13) 式で表される光学系の倍率である。

【0 1 0 3】

また、距離 B_{ni} に関する第 2 の例として、青色の波長 λ_b の回折波の次数 n_b が 0 であって、他の波長 λ_i の回折波の次数 n_i が +1 であるとする。このとき、波長 λ_i の点光源は、レンズ 2 0 の前焦点面上で、

【数 3 0】

$$\begin{aligned} B_{+1} &= -f_1 \tan \theta_i \\ &= -f_1 \tan [\sin^{-1}(-\lambda_i / P)] \\ &\cong f_1 \lambda_i / P \\ &= -A_{-1} / M \end{aligned} \quad \dots (30)$$

なる式で表される距離 B_{+1} だけ光軸から離れた位置に配置される。

【0 1 0 4】

図 3 1 は、レンズ 2 0 の前焦点面上で、赤色の点光源を位置 $(-f_1 \lambda_r / P, 0)$ に配置し、緑色の点光源を位置 $(+f_1 \lambda_g / P, 0)$ に配置し、青色の点光源を位置 $(0, 0)$ に配置して、レンズ 4 0 の後焦点面上で、赤色の再生光のうちの -1 次回折波、緑色の再生光のうちの +1 次回折波、および、青色の再生光のうちの 0 次回折波について、各々の集光点が光軸上で一致するようにした例を示すものである。図 3 2 は、レンズ 2 0 の前焦点面上で、赤色の点光源を位置 $(0, -f_1 \lambda_r / P)$ に配置し、緑色の点光源を位置 $(+f_1 \lambda_g / P, 0)$ に配置

し、青色の点光源を位置(0, 0)に配置して、レンズ40の後焦点面上で、赤色の再生光のうちの-1次回折波、緑色の再生光のうちの+1次回折波、および、青色の再生光のうちの0次回折波について、各々の集光点が光軸上で一致するようにした例を示すものである。

【0105】

空間光変調素子30に呈示される各色についてのホログラムは、各色の照明光が空間光変調素子30に垂直入射するとした場合のものであり、第1実施形態で説明したような入射角についての配慮は不要であるから、簡便かつ高速に計算することができる。

【0106】

次に、第4実施形態の具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてソニー社製のデータプロジェクション用液晶パネルLCX023AL(画素ピッチ $P=26\mu\text{m}$)を用いた。レンズ20として色収差補正された焦点距離150mmのものを用い、レンズ40として色収差補正された焦点距離150mmのものを用いた。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C(波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H))を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02(波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H))を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02(波長470nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H))を用いた。

【0107】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置(-3.75mm, 0)または位置(0, -3.75mm)に配置し、緑色光を出力する単色光源11_gを位置(+3.06mm, 0)に配置した。ピンホール12_r, 12_g, 12_bそれぞれの開口径を150 μm とした。空間光変調素子30への赤色の照明光の入射角を+1.43°とし、空間光変調素子30への緑色の照明光の入射角を-1.17°とした。マスク50の開口部51の寸法を2.7mm(W)×1.3mm(H)とした。そして、空間光変調素子30の駆動周波数を70Hzとし、各色に対応した

ホログラムを空間光変調素子 30 に順次に呈示させるとともに、これと同期して 3 つの単色光源 11_r, 11_g, 11_b を順次に発光させることにより、マスク 50 の開口部 51 を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0108】

なお、本実施形態の如く、青色の再生光については 0 次回折波を観察するのに対して、他の色の再生光については高次回折波を観察する場合には、0 次回折波と比較して高次回折波の光量が小さい。そこで、開口率向上のため画素毎にマクロレンズが搭載された液晶パネルを空間光変調素子 30 として用いるのが好適である。このようにすることにより、各画素を通過した光が発散されて、高次回折波の光量を多くすることが可能となる。このような液晶パネルとして、ソニー社製の液晶パネル LCX023CMT (画素ピッチ $P = 26 \mu\text{m}$) を用いることができる。この液晶パネルを用いるとともに、単色光源 11_r, 11_g, 11_b それぞれに供給する駆動電流の大きさを調整することにより、カラー三次元像の色バランスを向上させることができた。

【0109】

以上のように、第 4 実施形態に係る三次元像表示装置 4 および三次元像表示方法は、空間光変調素子 30 への 3 波長の照明光それぞれの入射方位が適切に設定されていて、空間光変調素子 30 から発生した 3 波長の再生光それぞれの 0 次回折波または高次回折波がレンズ 40 により波面変換されて開口部 51 において互いに重なるので、低解像度の空間光変調素子 30 を用いた場合であっても鮮明に三次元像をカラー表示することができる。また、従来技術 2 の如く 3 波長の再生光を重ねあわせるためのハーフミラーを設ける必要がなく、従来技術 3 の如く高速シャッタを設ける必要もないので、三次元像表示装置 4 は小型・安価である。

【0110】

(第 5 実施形態)

次に、本発明に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の第 5 実施形態について説明する。図 35 は、第 5 実施形態に係る三次元像表示装置 5 の構成図である。この図に示される三次元像表示装置 5 は、照明光源部 10、レンズ 20、ハーフミラー 25、反射型の空間光変調素子 30、レンズ 40 およびマスク 5

0を備えている。これらのうち、照明光源部10、レンズ20およびハーフミラー25は、3波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる照明光学系を構成している。また、ハーフミラー25およびレンズ40は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化する再生像変換光学系を構成している。照明光学系と再生像変換光学系とはハーフミラー25を共有している。

【0111】

第4実施形態の場合と比較すると、第5実施形態に係る三次元像表示装置5および三次元像表示方法は、照明光源部10、レンズ20、レンズ40およびマスク50それぞれが同様のものであるが、空間光変調素子30が反射型のものであることに因り相互の配置が相違する。また、第4実施形態の場合と比較すると、第5実施形態に係る三次元像表示装置5の動作および三次元像表示方法は、照明光がレンズ20により平行平面波とされた後にハーフミラー25を透過して空間光変調素子30へ入射する点、空間光変調素子30へ照明光が入射する側と同一の側に再生光が出射する点、および、その再生光がハーフミラー25により反射された後にレンズ40により波面変換される点、で相違する。その他の点では、第5実施形態に係る三次元像表示装置5の動作および三次元像表示方法は、第4実施形態と原理的に同様である。

【0112】

次に、第5実施形態の具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてMicro Display社製のマイクロモニタ用反射型液晶パネルMD800G6（画素ピッチ $P=12.55\mu\text{m}$ ）を用いた。レンズ20として色収差補正された焦点距離120mmのものを扱い、レンズ40として色収差補正された焦点距離60mmのものを扱った。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C（波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H)）を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02（波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社

製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02(波長470nm、寸法1.6(L)
×0.6(W)×1.15(H))を用いた。

【0113】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置(−6.24mm, 0)または位置(0, −6.24mm)に配置し、緑色光を出力する単色光源11_gを位置(+5.09mm, 0)に配置した。ピンホール12_r, 12_g, 12_bそれぞれの開口径を150μmとした。空間光変調素子30への赤色の照明光の入射角を+2.98°とし、空間光変調素子30への緑色の照明光の入射角を−2.43°とした。マスク50の開口部51の寸法を2.2mm(W)×1.1mm(H)とした。そして、空間光変調素子30の駆動周波数を90Hzとし、各色に対応したホログラムを空間光変調素子30に順次に呈示させるとともに、これと同期して3つの単色光源11_r, 11_g, 11_bを順次に発光させることにより、マスク50の開口部51を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0114】

(第6実施形態)

次に、本発明に係る三次元像表示装置および三次元像表示方法の第6実施形態について説明する。図36は、第6実施形態に係る三次元像表示装置6の構成図である。この図に示される三次元像表示装置6は、照明光源部10、ハーフミラー25、レンズ20、反射型の空間光変調素子30およびマスク50を備えている。これらのうち、照明光源部10、ハーフミラー25およびレンズ20は、3波長の照明光それぞれを平行平面波とし互いに異なる入射方位で空間光変調素子30に入射させる照明光学系を構成している。また、レンズ20およびハーフミラー25は、空間光変調素子30に呈示されたホログラムから発生した3波長の再生像それぞれを波面変換して虚像化もしくは実像化する再生像変換光学系を構成している。照明光学系と再生像変換光学系とは、レンズ20およびハーフミラー25を共有している。

【0115】

第4実施形態の場合と比較すると、第6実施形態に係る三次元像表示装置6および三次元像表示方法は、照明光源部10、空間光変調素子30およびマスク5

0それぞれが同様のものであるが、空間光変調素子30が反射型のものであることに因り相互の配置が相違する。また、第4実施形態の場合と比較すると、第6実施形態に係る三次元像表示装置6の動作および三次元像表示方法は、レンズ20がレンズ40の作用をも兼ねている点、照明光がハーフミラー25を透過した後、レンズ20により平行平面波とされて空間光変調素子30へ入射する点、空間光変調素子30へ照明光が入射する側と同一の側に再生光が出射する点、および、その再生光がレンズ20を経た後にハーフミラー25により反射されて波面変換される点、で相違する。その他の点では、第6実施形態に係る三次元像表示装置6の動作および三次元像表示方法は、第4実施形態と原理的に殆ど同様である。

【0116】

次に、第6実施形態の具体的な実施例について説明する。空間光変調素子30としてMicro Display社製のマイクロモニタ用反射型液晶パネルMD800G6（画素ピッチ $P=12.55\mu\text{m}$ ）を用いた。レンズ40の作用を兼ねるレンズ20として色収差補正された焦点距離60mmのものを用いた。赤色光を出力する単色光源11_rとしてシチズン電子社製の発光ダイオードCL-280SR-C（波長650nm、寸法1.0(L)×0.5(W)×0.6(H)）を用いた。緑色光を出力する単色光源11_gとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AG1A7-02（波長530nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。青色光を出力する単色光源11_bとして豊田合成社製の発光ダイオードE1S07-AB1A7-02（波長470nm、寸法1.6(L)×0.6(W)×1.15(H)）を用いた。

【0117】

また、赤色光を出力する単色光源11_rを位置（-3.02mm, 0）または位置（0, -3.02mm）に配置し、緑色光を出力する単色光源11_gを位置（+2.54mm, 0）に配置した。ピンホール12_r, 12_g, 12_bそれぞれの開口径を150 μm とした。空間光変調素子30への赤色の照明光の入射角を+2.98°とし、空間光変調素子30への緑色の照明光の入射角を-2.43°とした。マスク50の開口部51の寸法を2.2mm(W)×1.1mm(H)とした。そして、空間光変調素子30の駆動周波数を90Hzとし、各色に対応した

ホログラムを空間光変調素子 30 に順次に呈示させるとともに、これと同期して 3 つの単色光源 11_r, 11_g, 11_b を順次に発光させることにより、マスク 50 の開口部 51 を通じてフルカラーの三次元像を鮮明に観察することができた。

【0118】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、離散的画素構造を有する空間光変調素子に、複数の波長それぞれに応じたホログラムが呈示される。この空間光変調素子に対して、照明光学系により複数の波長の照明光それぞれが平行平面波とされ互いに異なる入射方位で入射する。空間光変調素子に呈示されたホログラムから発生した複数の波長の再生像それぞれは、再生像変換光学系により波面変換されて虚像化もしくは実像化される。その焦点面には、開口部を有するマスクを設けられている。そして、複数の波長の再生光それぞれの何れかの次数の回折波が再生像変換光学系により開口部において互いに重なるよう、複数の波長の照明光それぞれの空間光変調素子への入射方位が照明光学系により設定される。このように構成されることで、低解像度の空間光変調素子を用いた場合であっても鮮明に三次元像をカラー表示することができる小型・安価な三次元像表示装置等を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の構成図である。

【図 2】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の照明光学系および空間光変調素子 30 の説明図である。

【図 3】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の照明光学系の説明図である。

【図 4】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 において空間光変調素子 30 へ青色の照明光が垂直入射したときの三次元像の 1 輝点の表示動作の説明図である。

【図 5】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 において空間光変調素子 3 0 へ青色の照明光が垂直入射するときに空間光変調素子 3 0 に呈示されるホログラムの説明図である。

【図 6】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 において空間光変調素子 3 0 へ照明光が斜め入射したときの三次元像の 1 輝点の表示動作の説明図である。

【図 7】

第 1 のホログラム作成方法により作成されたホログラムの説明図である。

【図 8】

第 1 のホログラム作成方法により作成されたホログラムの説明図である。

【図 9】

図 7 に示されたホログラム 3 1 が空間光変調素子 3 0 に呈示されたときに空間光変調素子 3 0 へ照明光が斜め入射したときの三次元像の 1 輝点の表示動作の説明図である。

【図 1 0】

第 2 のホログラム作成方法の説明図である。

【図 1 1】

理想的な場合の 3 波長の点光源それぞれの配置を示す図である。

【図 1 2】

理想的な場合のマスク位置における赤色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 1 3】

理想的な場合のマスク位置における緑色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 1 4】

理想的な場合のマスク位置における青色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 1 5】

理想的な場合のマスク位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の

0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 1 6】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の照明光源部 1 0 における 3 つの点光源それぞれの配置を示す図である。

【図 1 7】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 のマスク 5 0 配置位置における赤色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 1 8】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 のマスク 5 0 配置位置における緑色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 1 9】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 のマスク 5 0 配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 2 0】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 A の照明光源部 1 0 における 3 つの点光源それぞれの配置を示す図である。

【図 2 1】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 A のマスク 5 0 配置位置における赤色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 2 2】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 A のマスク 5 0 配置位置における緑色の再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 2 3】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 A のマスク 5 0 配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の 0 次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 2 4】

第 1 実施形態に係る三次元像表示装置 1 の変形例 B の照明光源部 1 0 における 3 つの点光源それぞれの配置を示す図である。

【図 25】

第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Bのマスク50配置位置における緑色の再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 26】

第1実施形態に係る三次元像表示装置1の変形例Bのマスク50配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 27】

第2実施形態に係る三次元像表示装置2の構成図である。

【図 28】

第3実施形態に係る三次元像表示装置3の構成図である。

【図 29】

第3実施形態に係る三次元像表示装置3のマスク50配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の0次回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 30】

第4実施形態に係る三次元像表示装置4の構成図である。

【図 31】

第4実施形態に係る三次元像表示装置4のマスク50配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の各次数の回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 32】

第4実施形態に係る三次元像表示装置4のマスク50配置位置における赤色、緑色および青色それぞれの再生光の各次数の回折波の波面変換領域を示す図である。

【図 33】

第4実施形態に係る三次元像表示装置4の空間光変調素子30および波面変換光学系の説明図である。

【図 34】

第4実施形態に係る三次元像表示装置4の空間光変調素子30における照明光

入射角と再生光出射角との関係の説明図である。

【図 3 5】

第 5 実施形態に係る三次元像表示装置 5 の構成図である。

【図 3 6】

第 6 実施形態に係る三次元像表示装置 6 の構成図である。

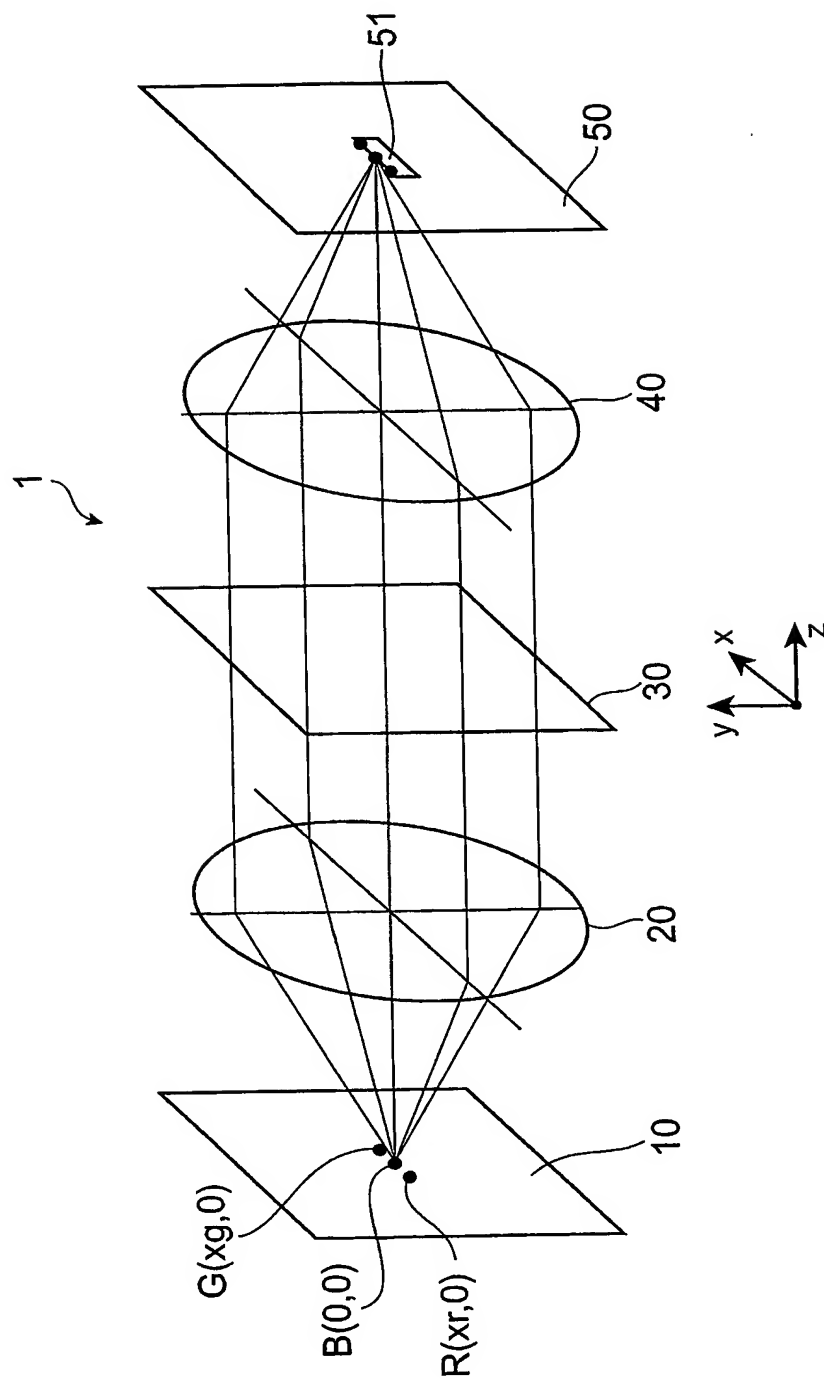
【符号の説明】

1 ～ 6 …三次元像表示装置、1 0 …照明光源部、1 1 …単色光源、1 2 …ピンホール、2 0 …レンズ、3 0 …空間光変調素子、4 0 …レンズ、5 0 …マスク、5 1 …開口部。

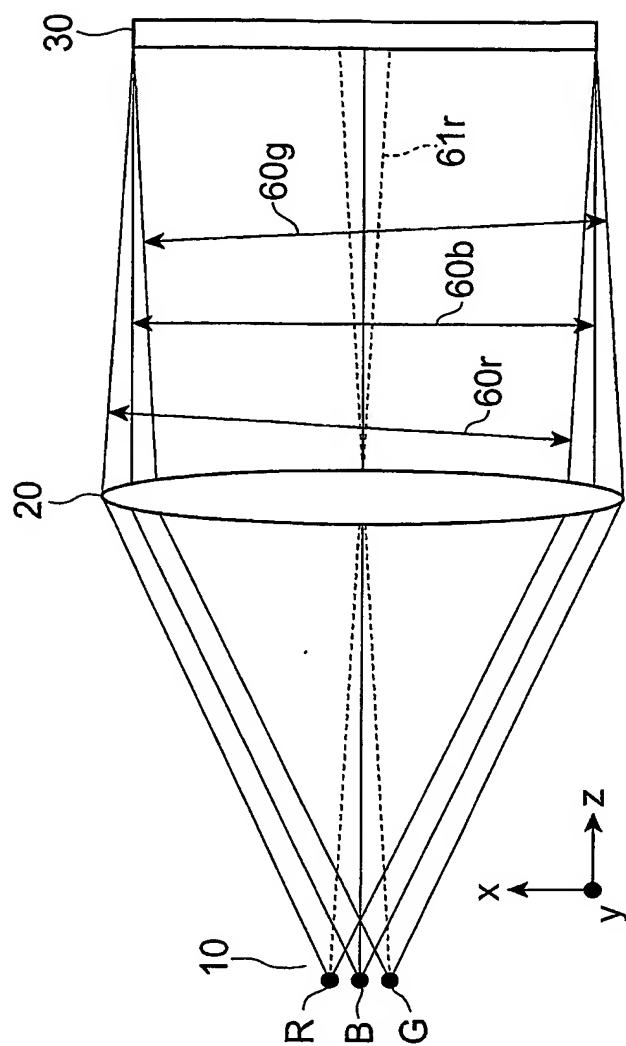
【書類名】

図面

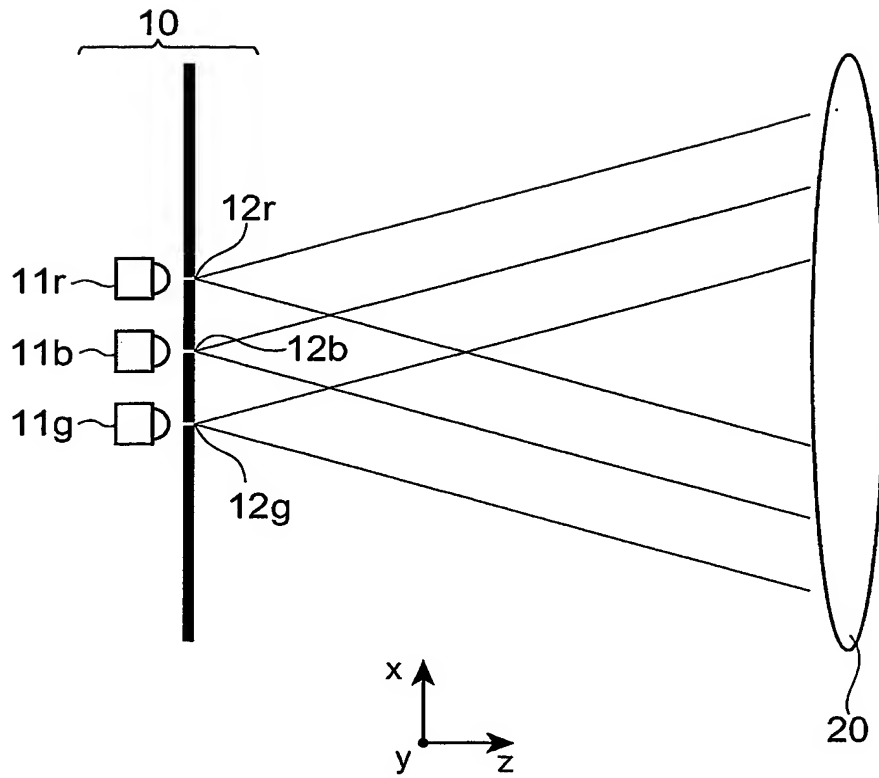
【図 1】



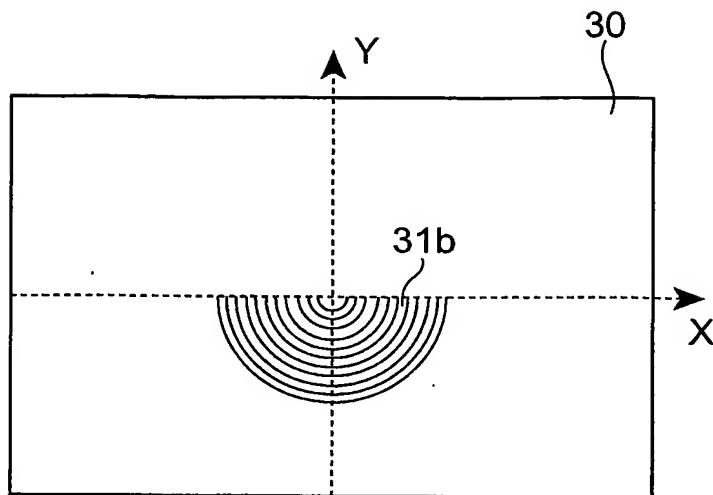
【図 2】



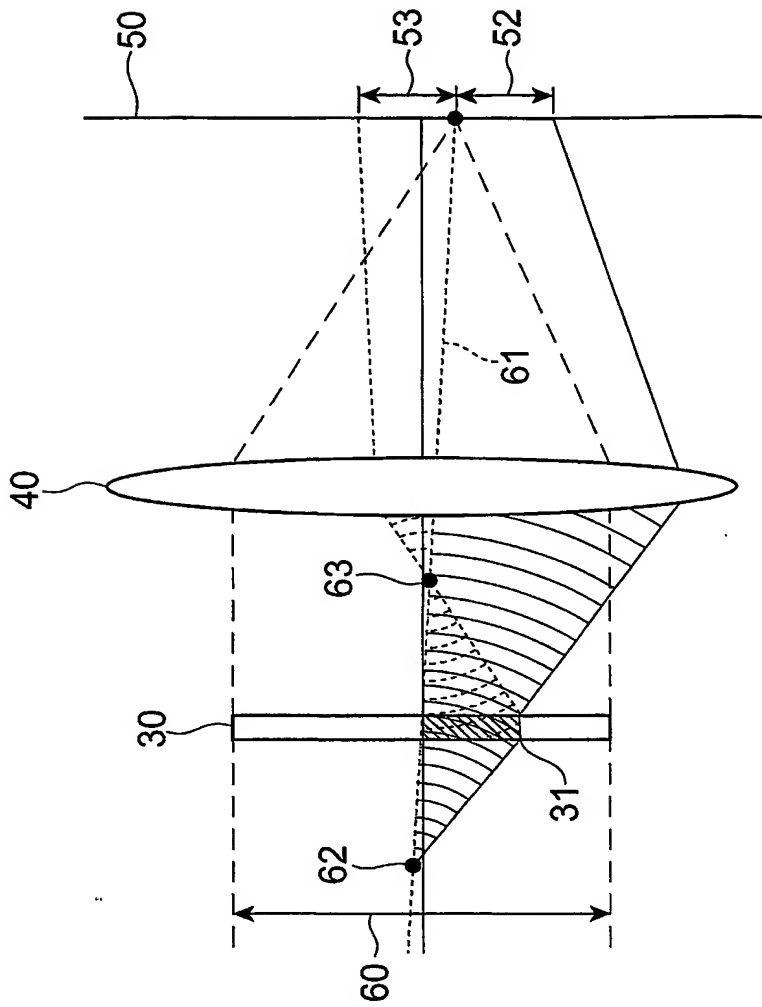
【図 3】



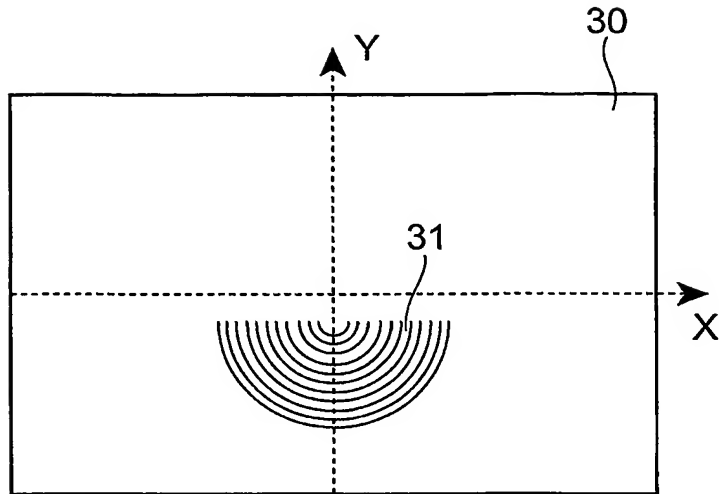
【図 5】



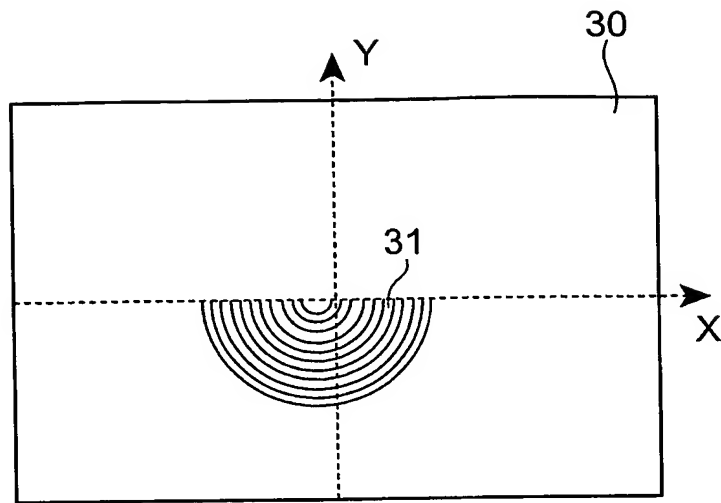
【図 6】



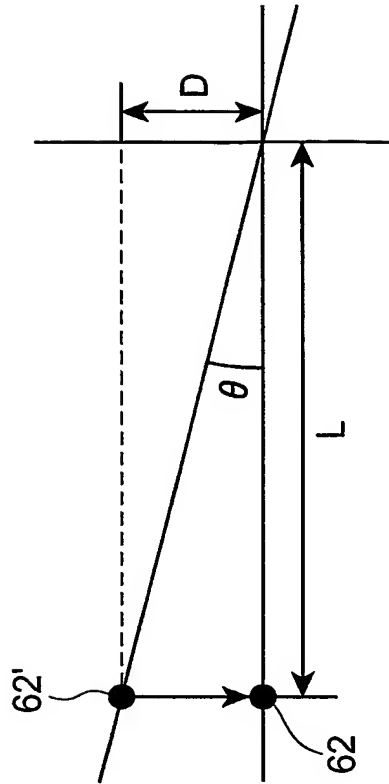
【図 7】



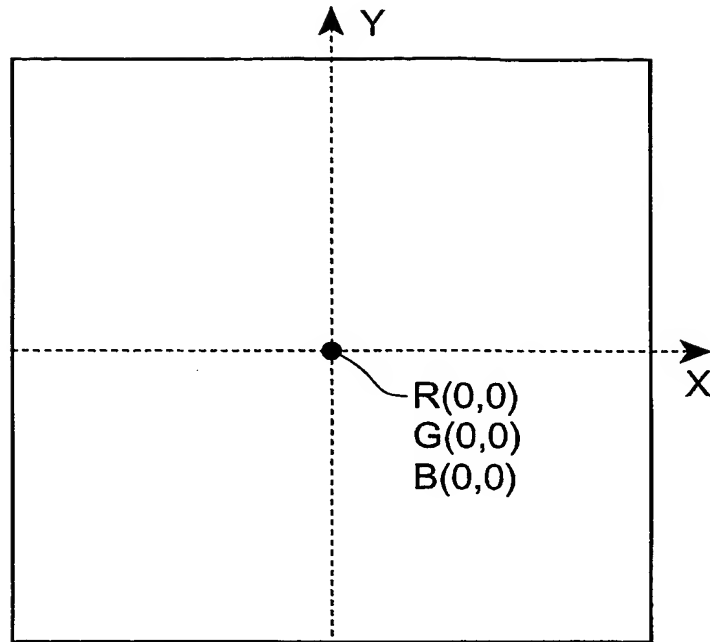
【図 8】



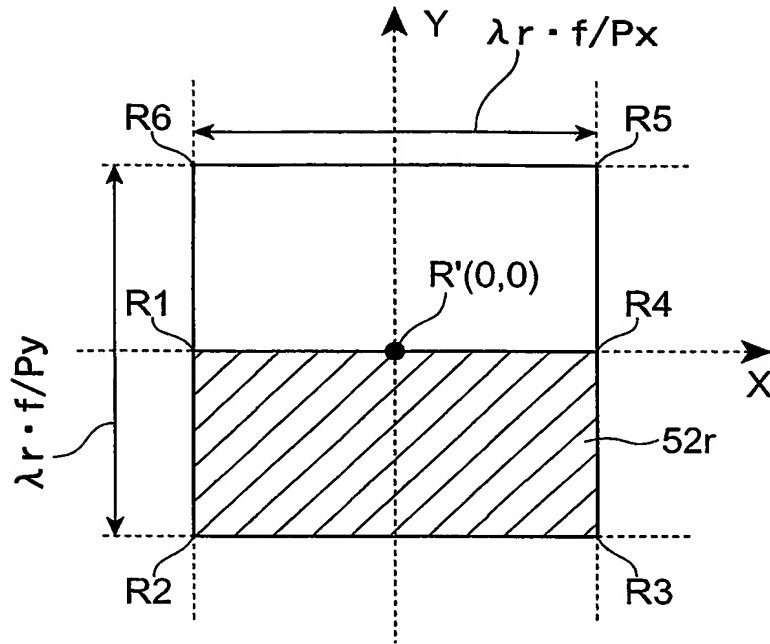
【図 10】



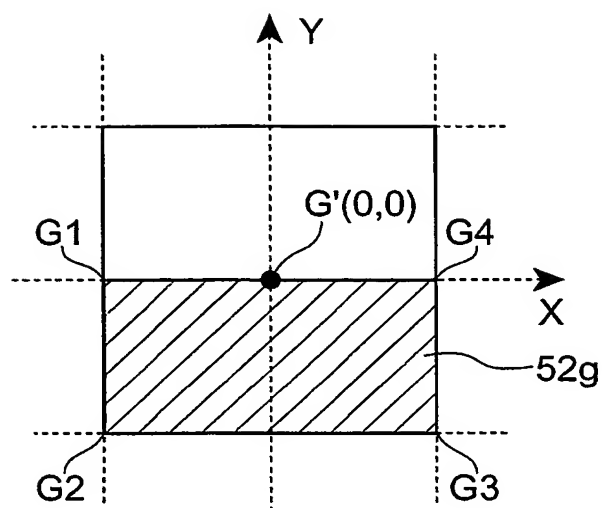
【図 1 1】



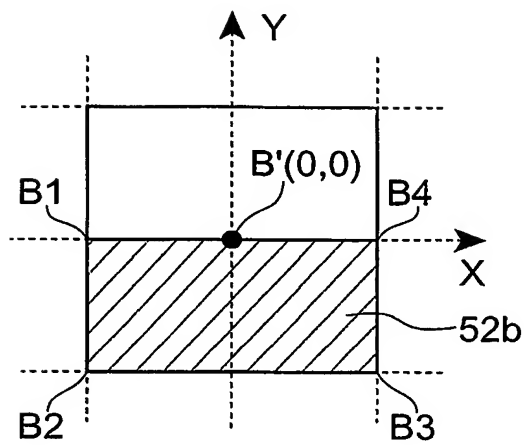
【図 12】



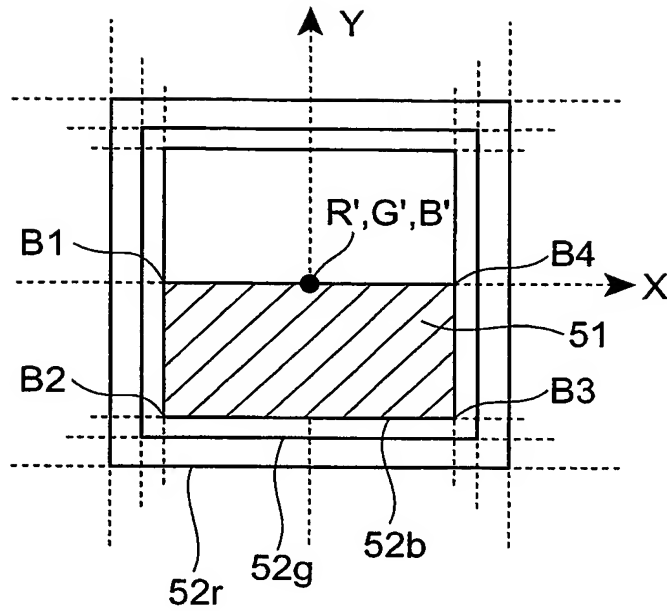
【図 13】



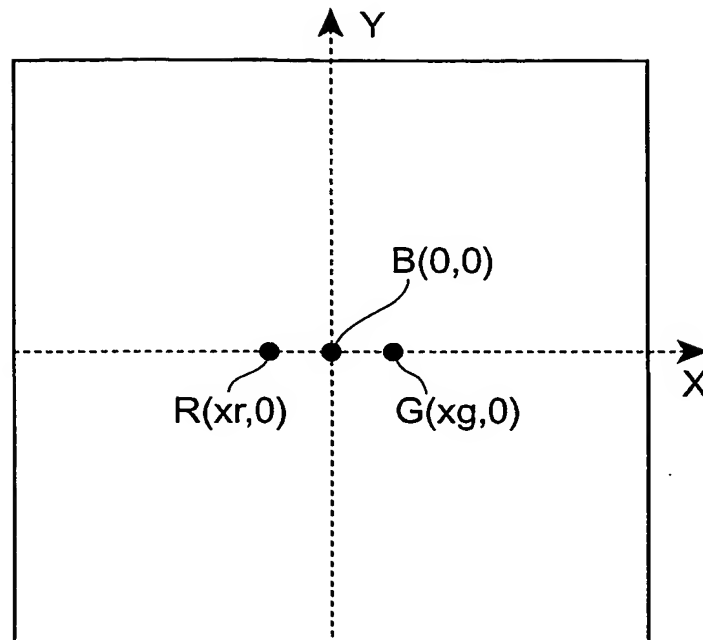
【図 14】



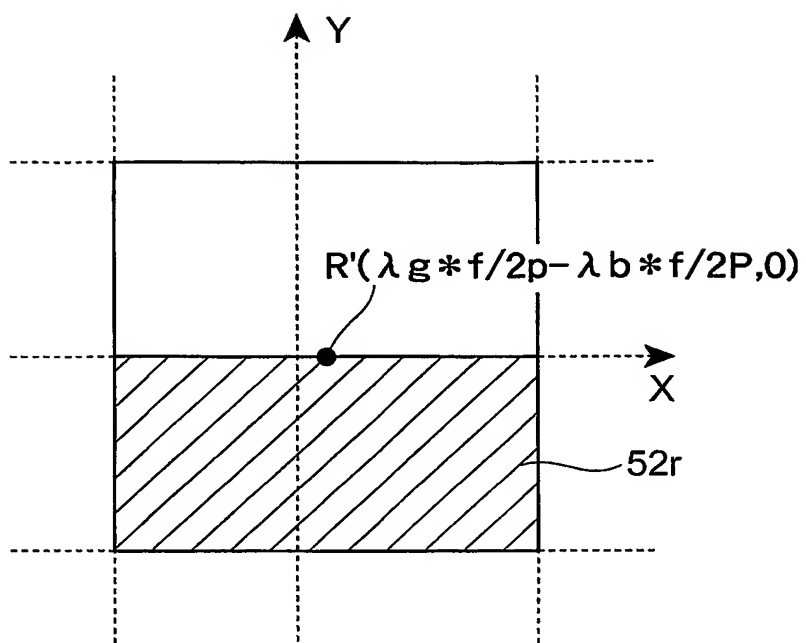
【図 15】



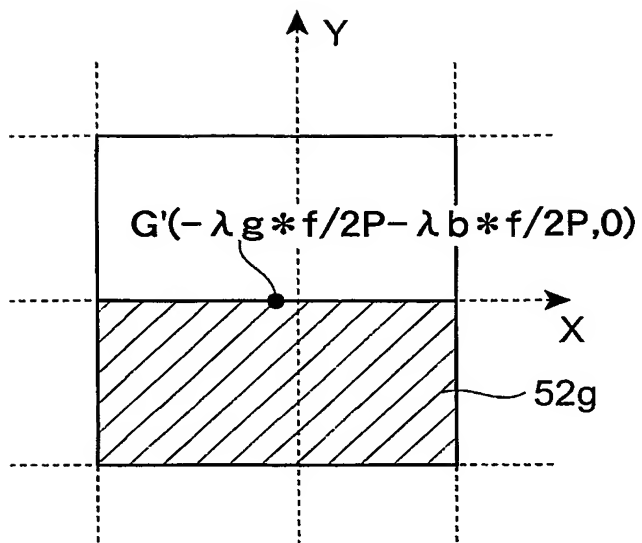
【図 1 6】



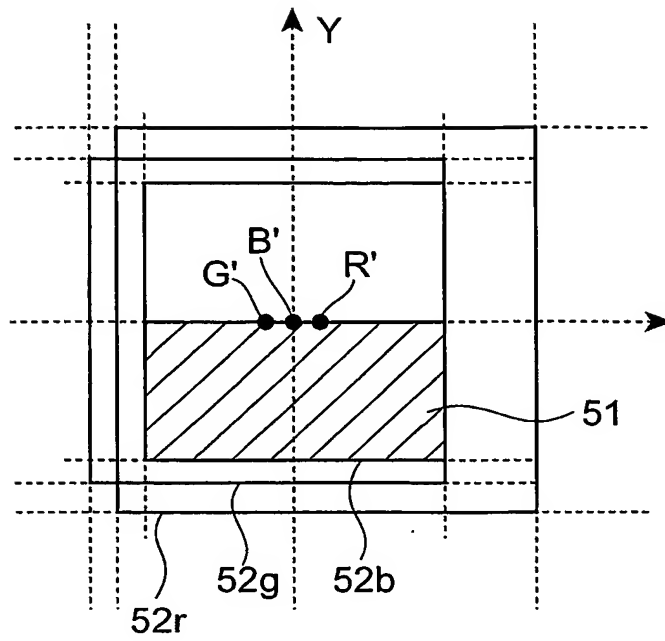
【図 17】



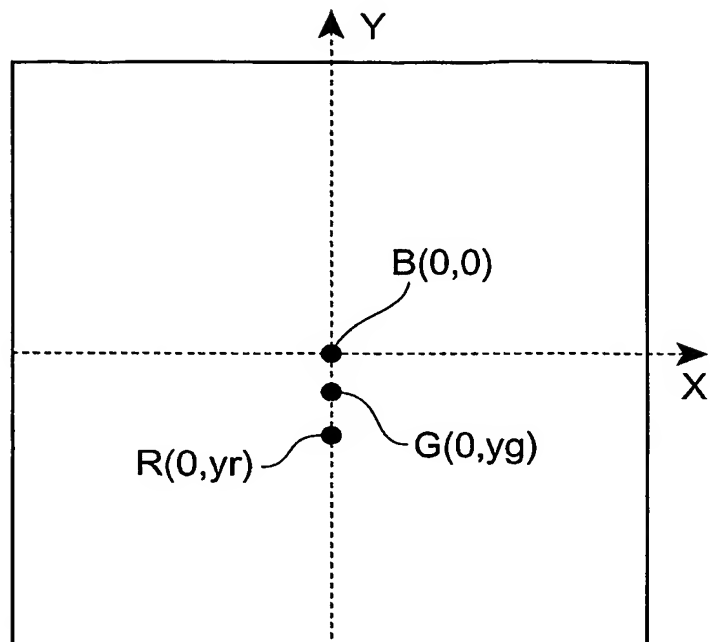
【図 18】



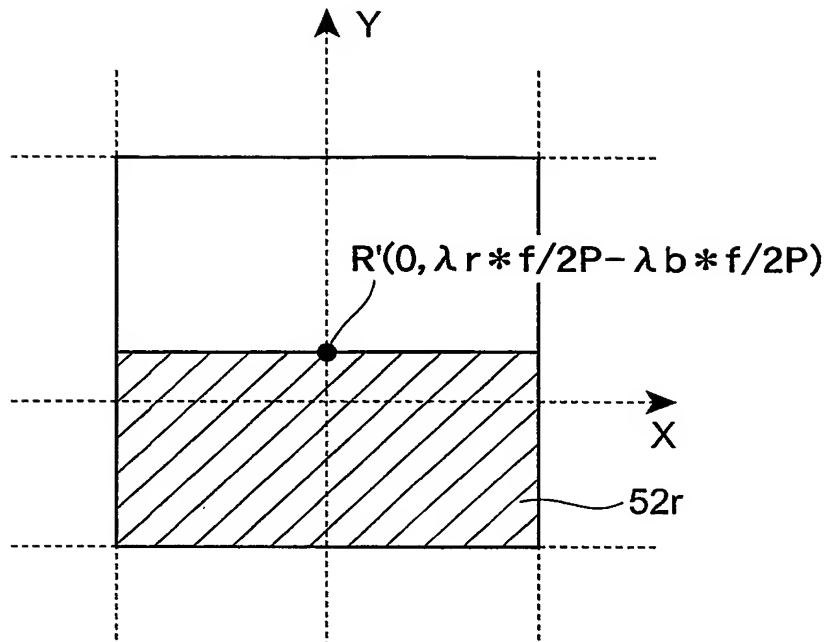
【図 19】



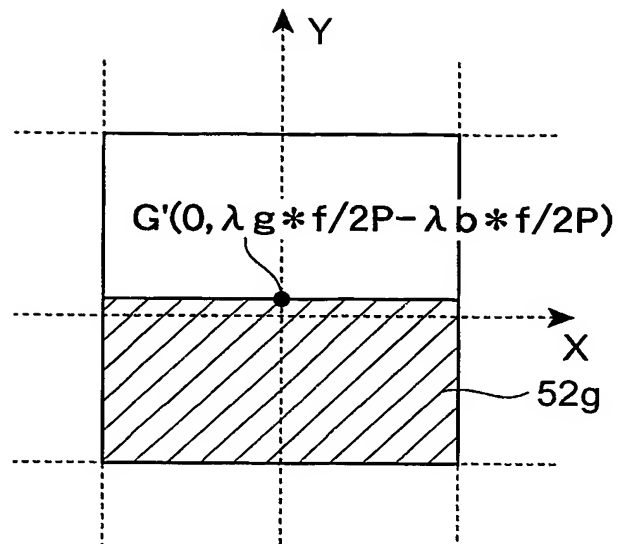
【図 2 0】



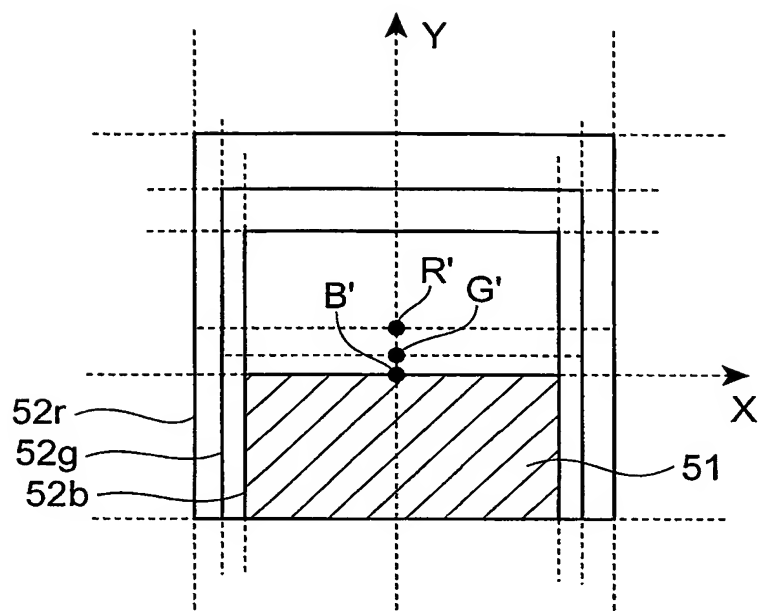
【図 21】



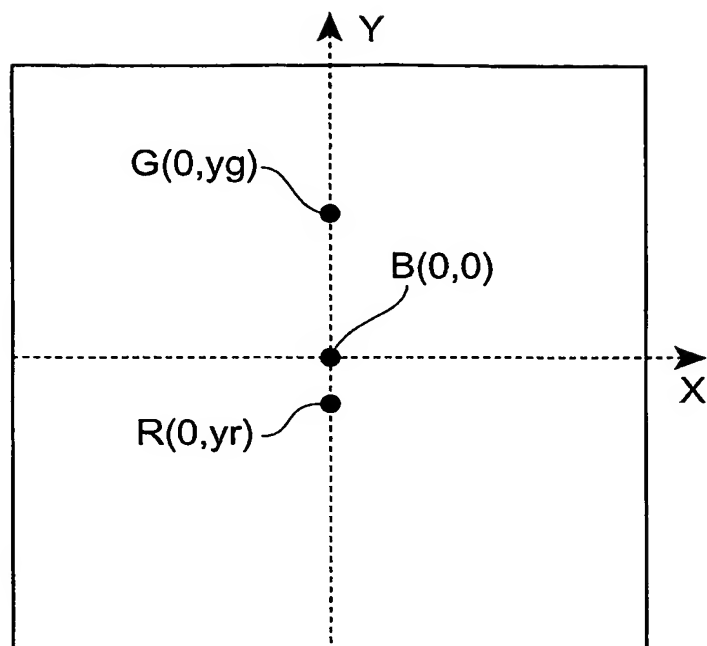
【図 2 2】



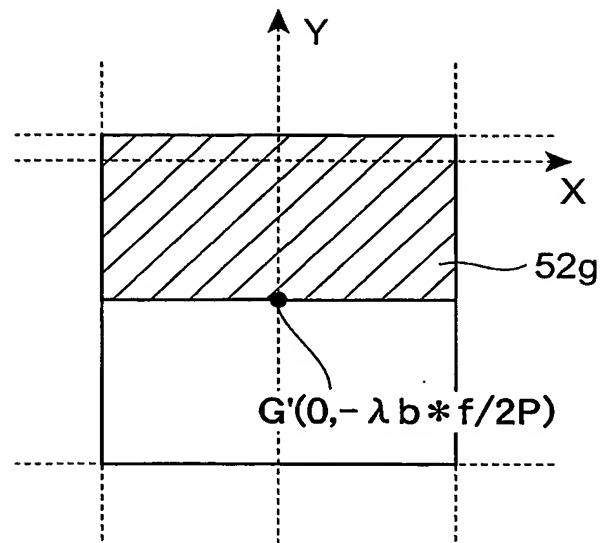
【図 23】



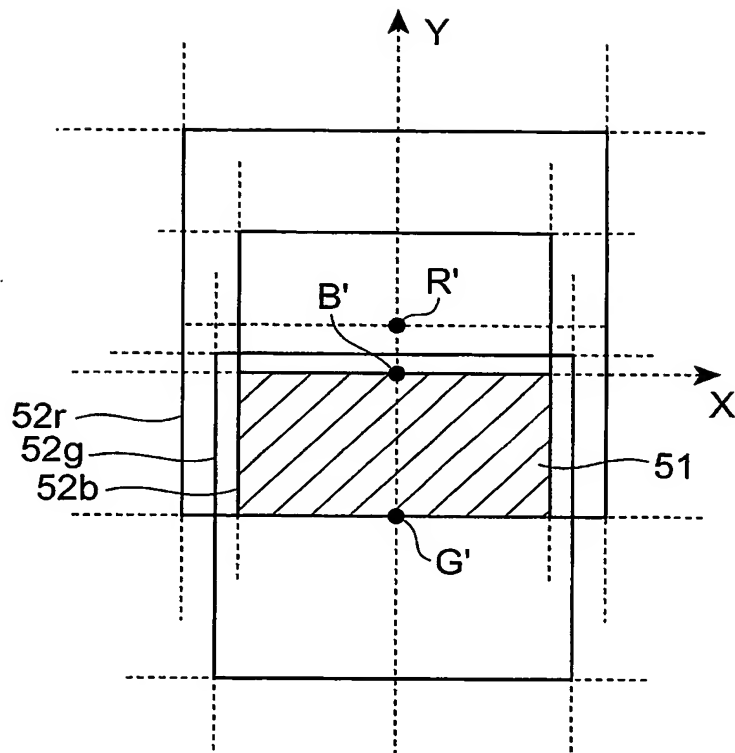
【図 2 4】



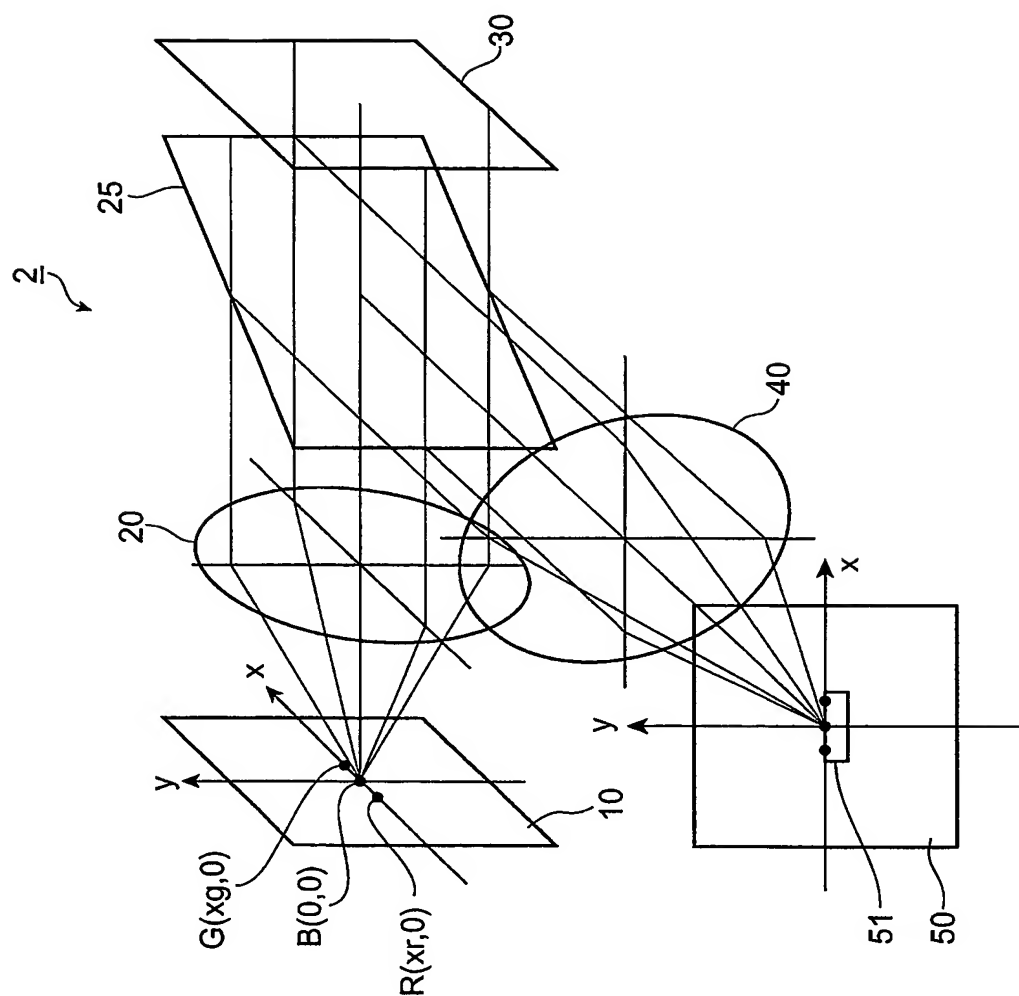
【図 25】



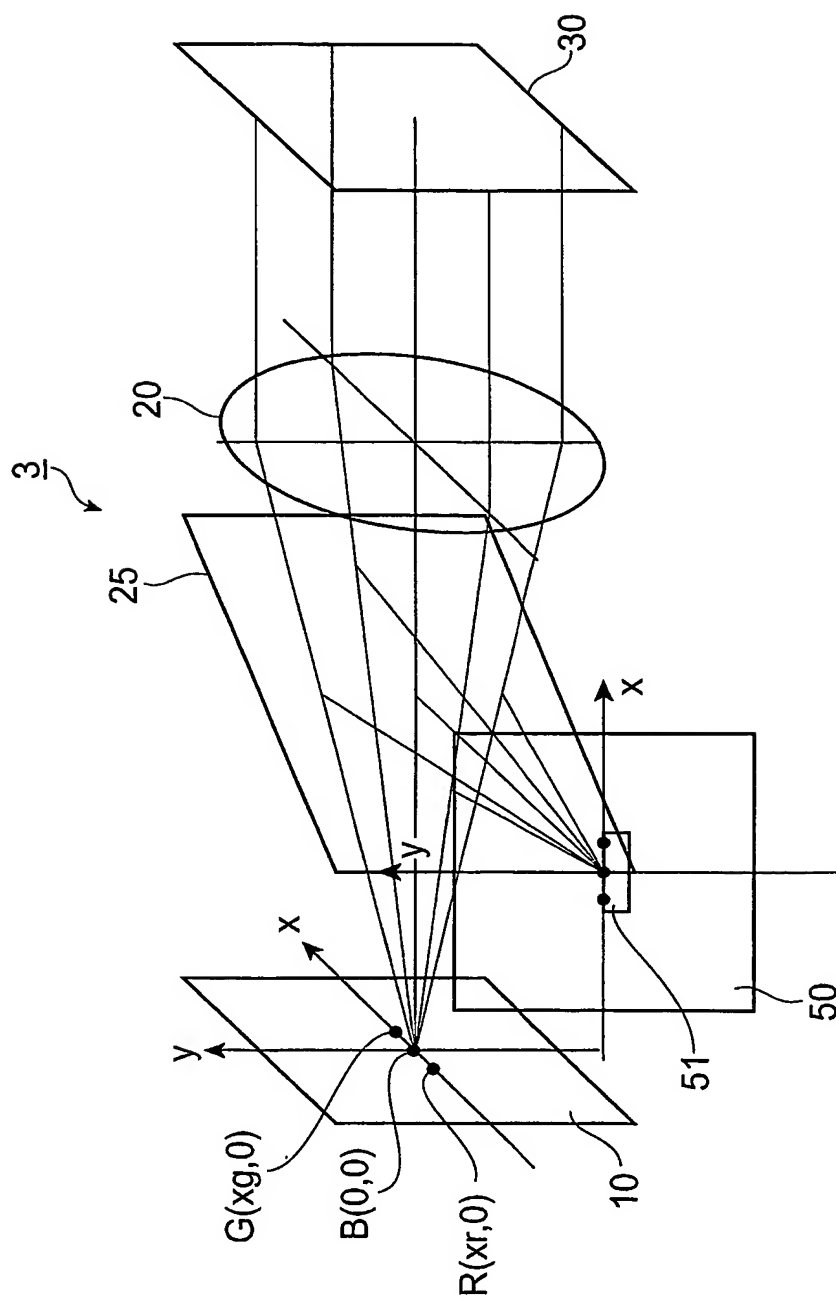
【図 26】



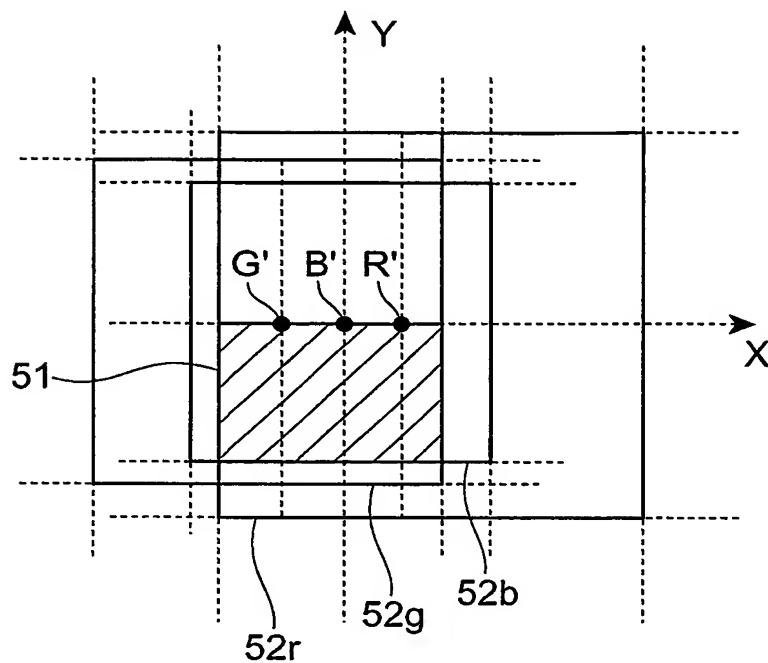
【図 27】



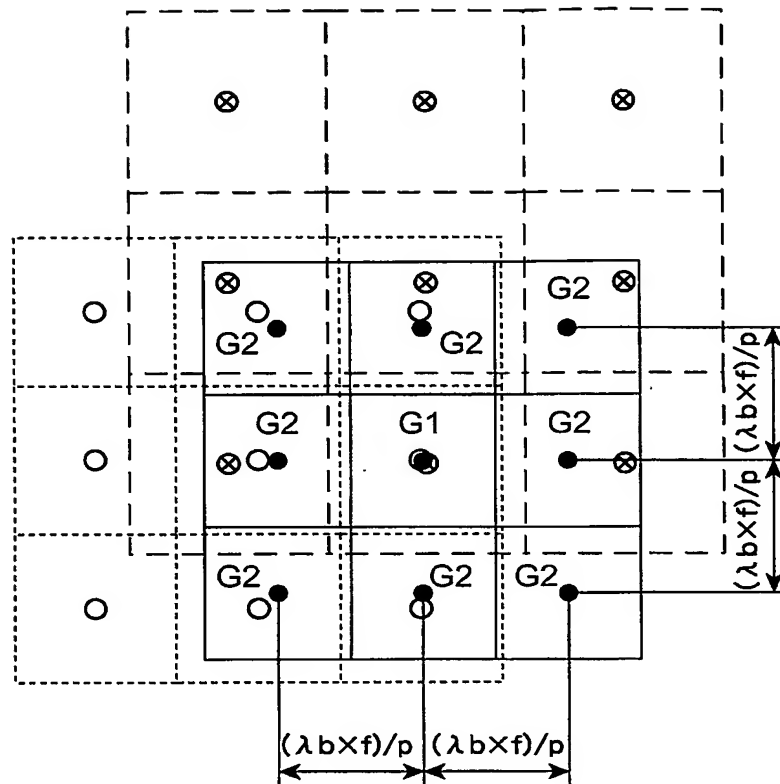
【図 28】



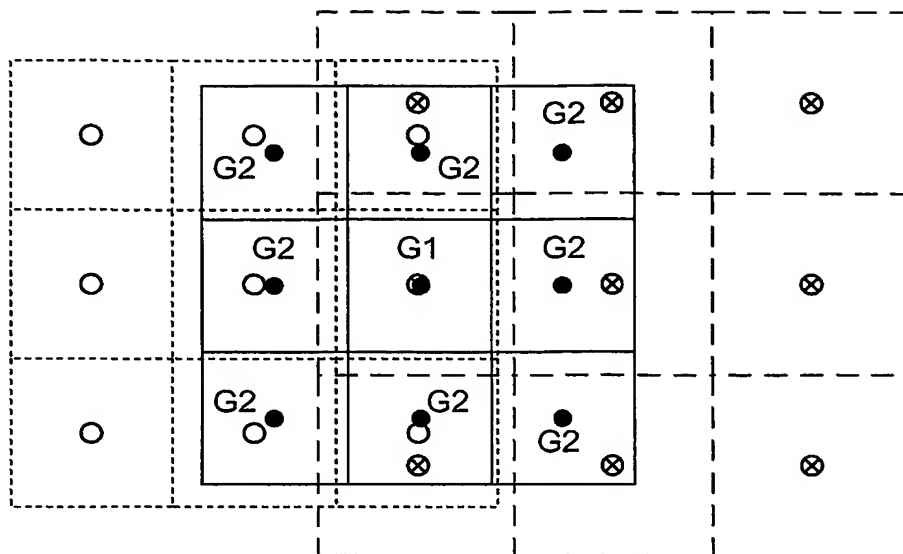
【図 29】



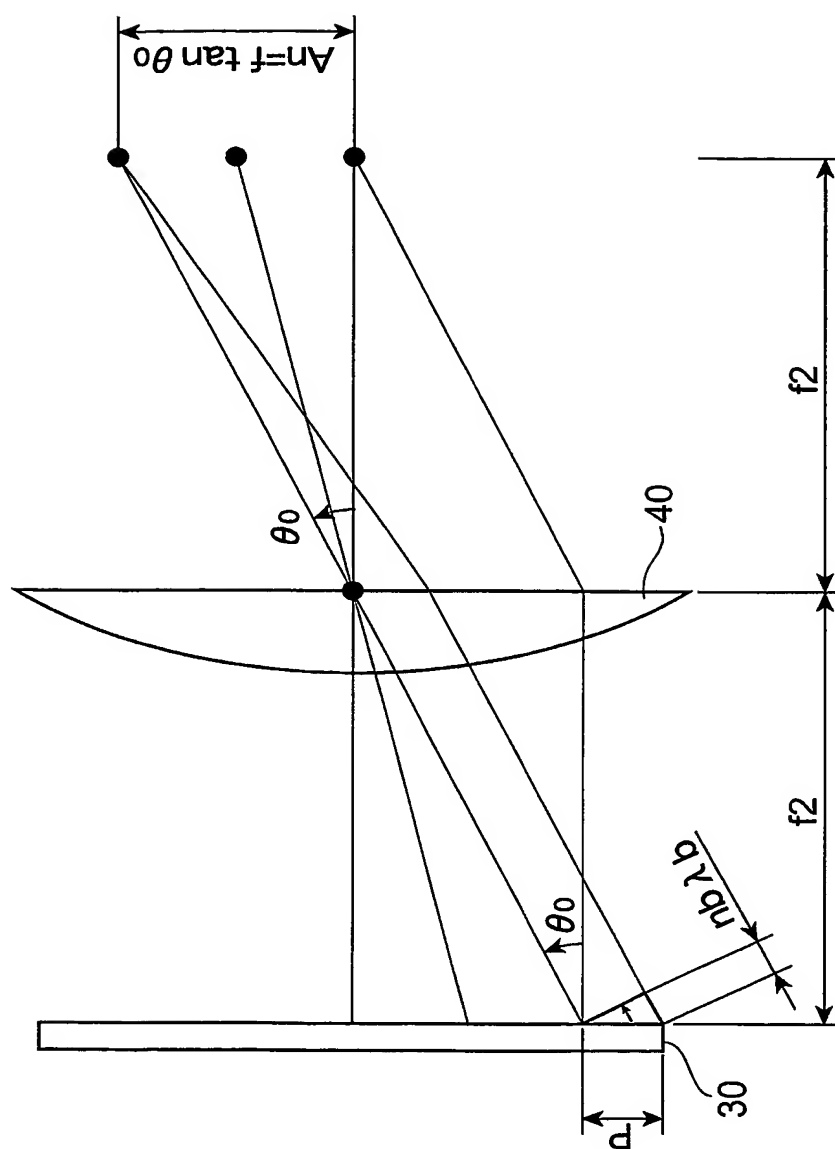
【図 31】



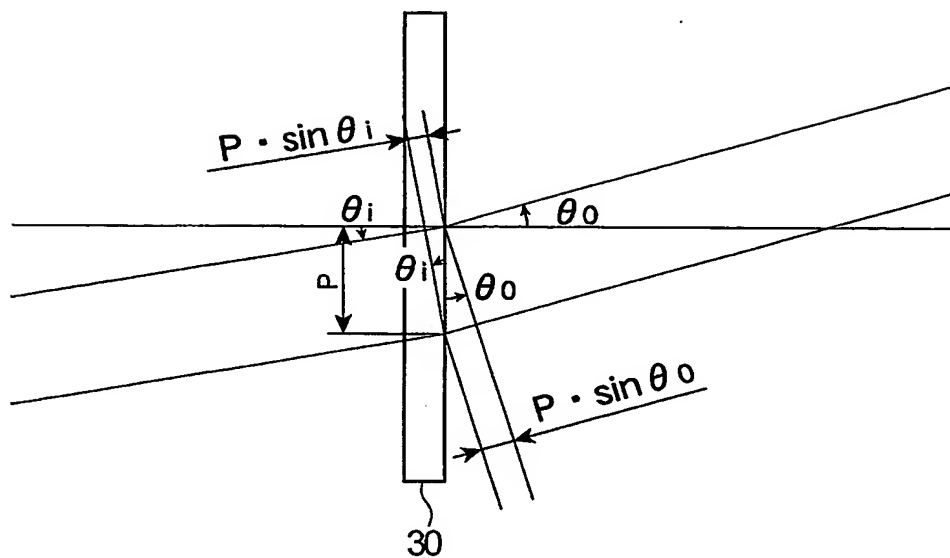
【図 3 2】



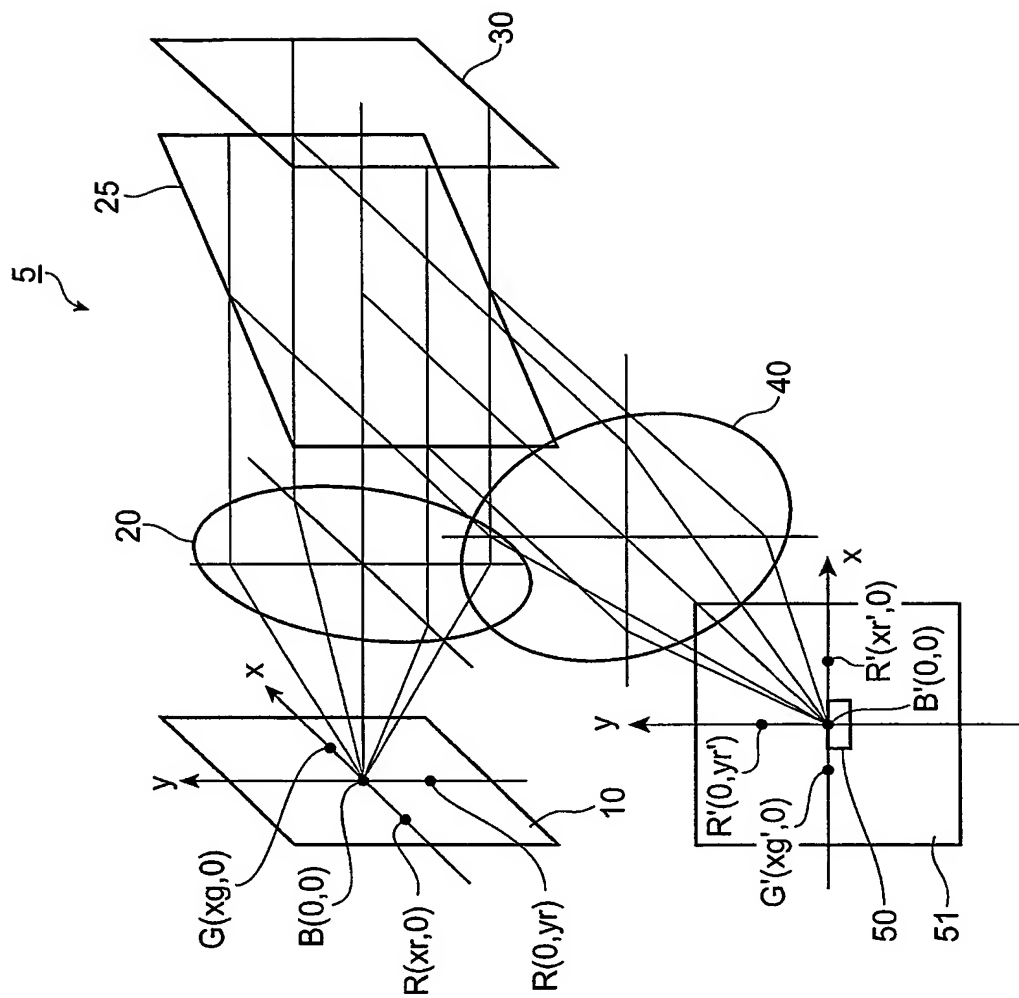
【図33】



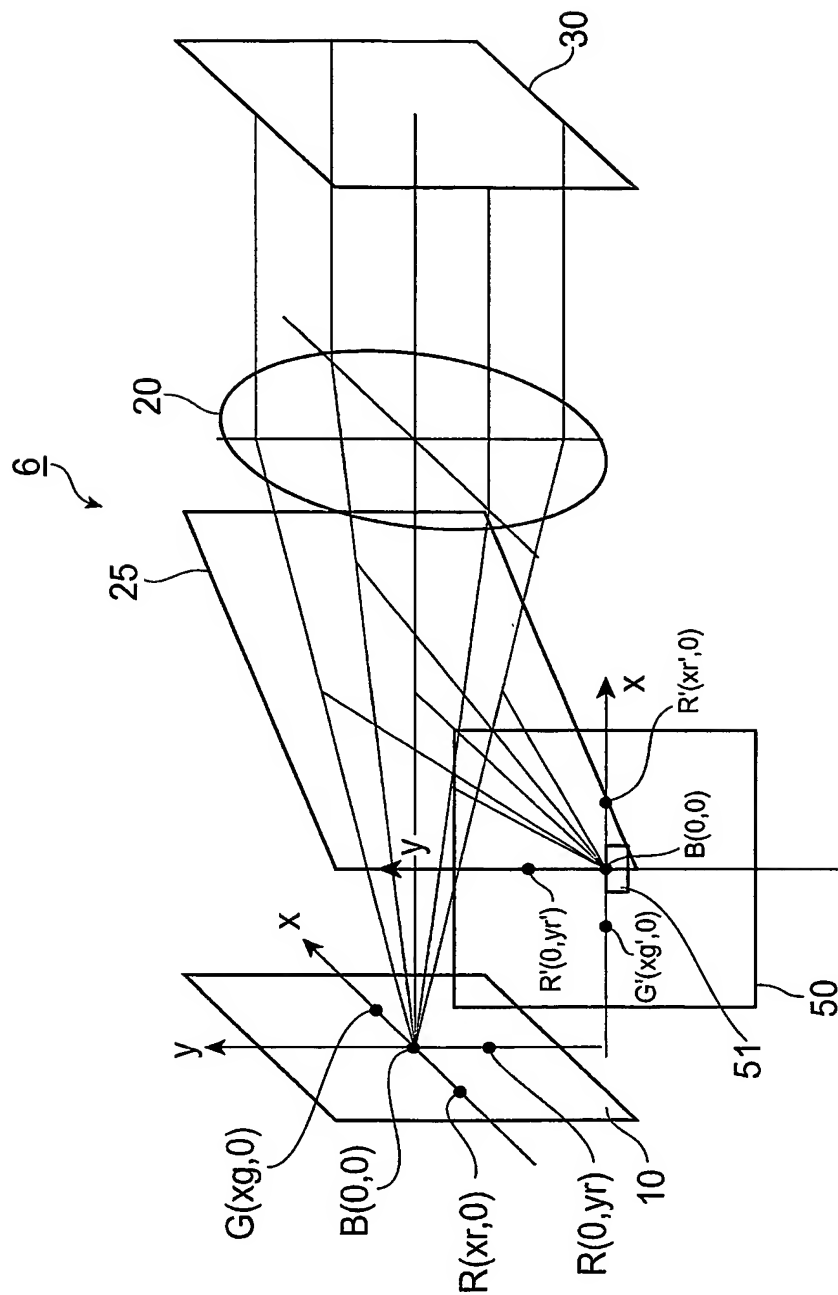
【図34】



【図 3 5】



【図 3 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低解像度の空間光変調素子を用いた場合であっても鮮明に三次元像をカラー表示することができる小型・安価な三次元像表示装置等を提供する。

【解決手段】 三次元像表示装置 1 は、照明光源部 10、レンズ 20、透過型の空間光変調素子 30、レンズ 40 およびマスク 50 を備える。照明光源部 10 は、互いに異なる波長（赤、緑、青）の照明光を出力する 3 つの点光源を有している。最短波長の青色の照明光を出力する点光源は、照明光学系の光軸上の位置 B（0，0）にある。赤色の照明光を出力する点光源は位置 R（ x_r ，0）にある。緑色の照明光を出力する点光源は位置 G（ x_g ，0）にある。マスク 50 の開口部 51 は、3 波長の再生光それぞれの 0 次回折波がレンズ 40 により波面変換されて互いに重なる領域に設けられている。このようになるように、3 波長の照明光それぞれの空間光変調素子 30 への入射方位が照明光学系により設定されている。

【選択図】 図 1

特 許 第 2 0 0 2 - 2 6 5 9 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 3 6 4 3 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名

浜松ホトニクス株式会社